

## श्रेष्ठ विज्ञानप्रसारक जे.बी.एस. हाल्डेन यांच्या विषयी

विज्ञानाचा लोकांत प्रसार व्हावा यासाठी त्यांनी अत्यंत सुबोध लिखाण केले. विज्ञानातल्या क्लिष्ट संकल्पना अतिशय सोप्या शब्दात सांगण्याची त्यांची हातोटी होती, (आणि तसे करताना त्या संकल्पनांच्या अर्थाला ते धक्का पोहोचू देत नसत.) त्यांचे लेख, व्याख्याने, आकाशवाणीवरून दिलेली भाषणे यांच्यामुळे ते सर्वांना परिचित झाले होते.

विज्ञानाला एक सामाजिक जबाबदारी आहे यावर हाल्डेन यांचा रोख असे. त्याकरता वैज्ञानिकांनी सोप्या व सामान्यजनांना समजेल अशा भाषेत विज्ञानाची माहिती दिली पाहिजे असे ते म्हणत. 'सोप्या भाषेत' विज्ञान समजावून देणारे इतके लेख त्यांनी स्वतः लिहिले आहेत की त्यांचे कित्येक खंड होतील.



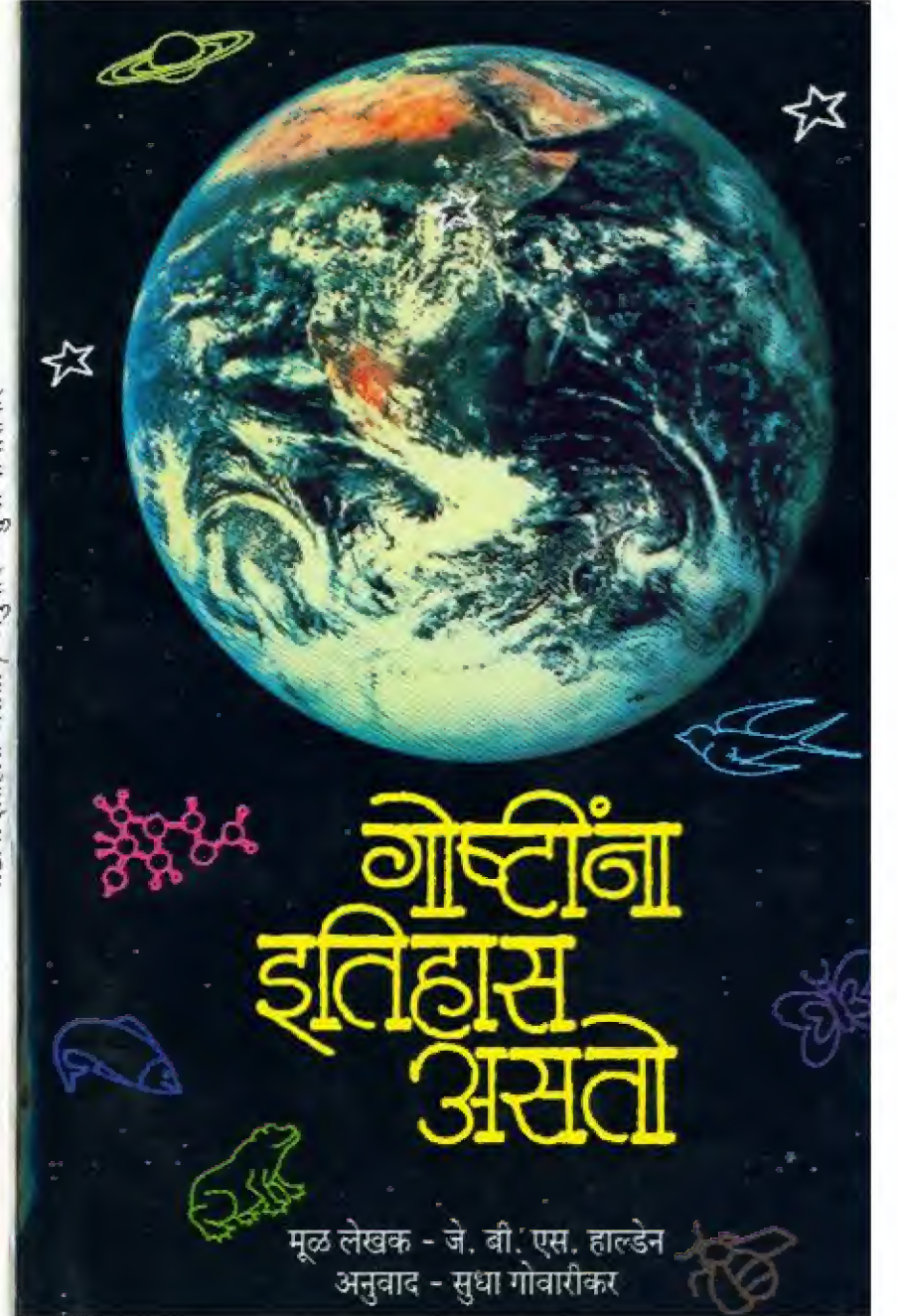
**Vigyan Prasar**  
C-24 Qutab Institutional Area  
New Delhi - 110 016

मराठी आवृत्तीची निर्मिती व वितरण

**उन्मेष प्रकाशन**

'सी' विंग, चंद्रनील अपार्टमेंट,  
विडुलवाडी रोड, पुणे ४११०३०

गोष्टींना इतिहास असतो / अनुवाद - सुधा गोवारीकर



गोष्टींना इतिहास असतो

प्रकाशक-मुद्रक  
विज्ञान प्रसार

अनुवाद  
सुधा गोवारीकर

© विज्ञान प्रसार

C - 24, इन्स्टिट्यूशनल एरिया,  
नवी दिल्ली - ११००१६

फोन :

६८६-४०२२ / ४१५७,  
६९६-७५३२

फॅक्स :

६९६५९८६

E-Mail :

Vigyan@hub.nic.in

Internet :

<http://www.Vigyanprasar.com>

प्रथमावृत्ती

ऑक्टोबर २००२

मराठी आवृत्तीची निर्मिती व वितरण

मेधा राजहंस

उन्मेष प्रकाशन

चंद्रनील अपार्टमेंट, 'सी' विंग,

विठ्ठलवाडी रोड,

पुणे - ४११०३०.

मुखपृष्ठ

गिरिष सहस्रबुद्धे

टाइपसेटिंग

अक्षर-प्रतिभा,

चंद्रनील अपार्टमेंट,

'सी' विंग, विठ्ठलवाडी रोड,

पुणे - ४११०३०.

ISBN : 81-7480-090-5

किंमत : १२० रुपये



## अनुक्रम

१. ओळख 'विज्ञान प्रसार'ची / ५
२. जे. बी. एस. हाल्डेन यांचे जीवन आणि काम / १०
३. प्रास्ताविक / २१
४. मला जीवाश्म हवेत / २३
५. मला अवशेष मिळतात / ३०
६. पृथ्वीचे परिवर्तन / ३३
७. पृथ्वी सूर्याला प्रदक्षिणा घालते / ३७
८. आपले शेजारी तारे / ४१
९. भूतकाळात डोकावू या / ४५
१०. ग्रहांविषयी सहज ज्ञान / ४९
११. निळ्या तान्यांचा शोध / ५२
१२. सूर्याचा किरणोत्सार / ५५
१३. वैश्विक किरण / ५८
१४. पृथ्वी चुंबक का आहे ? / ६२
१५. प्राण्यांचे उत्पत्तिस्थान आणि वर्गवारी / ६५
१६. प्राथमिक अवस्थेतील प्राणी / ६९
१७. जेलिफिश आणि पॉलिप / ७३
१८. विविध जंत / ७७

१९. सांगाड्यातले प्राणी / ८१
२०. कवचधारी प्राणी / ८५
२१. मासे / ८९
२२. प्राणी आणि पक्षी / ९३
२३. कीटकचोर / ९७
२४. पिंजऱ्यातले पक्षी / १०१
२५. काही विचित्र प्राणी / १०४
२६. वन्य प्राण्यांची गणना / १०७
२७. मला बेडक का आवडतात ? / १११
२८. हंगेरीचे आक्रमण / ११५
२९. महत्वाची घटना / ११८
३०. रॉबिन / १२२
३१. भोरडी (स्टारलिंग) / १२५
३२. चाणाक्ष पक्षी / १२८
३३. मधमाश्यांची भाषा / १३२
३४. मधमाश्यांना घर कसे सापडते ? / १३६
३५. बेडकांसाठी सिनेमा ? / १३९
३६. जगण्याची धडपड / १४२
३७. माणसाचे पूर्वज / १४६
३८. डार्विनचा सिद्धांत आणि त्याचा विपर्यास / १५०
३९. उत्क्रांतीचे गणित / १५४
४०. लॅंगेव्हिन / १५८
४१. हॉपकिन्स / १६३
४२. ली / १६७
४३. जीन्स / १७१
४४. जी. एच. हार्डी / १७५
४५. आइनस्टाइन / १७८

## ओळख 'विज्ञान प्रसार' ची

‘विज्ञान प्रसार’ ह्या संस्थेची स्थापना केंद्र सरकारच्या विज्ञान आणि तंत्रज्ञान विभागाने केली. १९८९ साली विज्ञान प्रसाराचे विस्तृत काम हाती घेऊन, एक स्वायत्त संस्था म्हणून तिची नोंद झाली. ढोबळपणे तिची उद्दिष्टे अशी-

१. विज्ञान लोकांपर्यंत पोहोचविणे, वैज्ञानिक दृष्टिकोन लोकांच्या मनावर बिंबवणे, सर्व जनात ज्ञान आणि विज्ञान-तंत्रज्ञान यांविषयी गोडी निर्माण करण्याच्या हेतूने कामे हाती घेणे. तसल्या प्रकारची कामे इतरत्र चालू असतील तर त्यांना प्रोत्साहन देणे, मार्गदर्शन करणे, तशा कामांची जुळवणी करून देणे.
२. विज्ञान-तंत्रज्ञानविषयक माहितीची देवाण-घेवाण आणि प्रसार करण्याकरता विविध विज्ञानसंस्था, शैक्षणिक संस्था, प्रयोगशाळा, संग्रहालये, उद्योग, व्यापार यांत गुंतलेल्या संस्थांना जोडत रहातील असे प्रभावी दुवे पुरवणे व त्यांना प्रोत्साहन देणे.
३. श्राव्य, दृश्य, दृक्श्राव्य आणि छापील वाड्मय अशा प्रसार माध्यमांच्या पद्धतींना लागणान्या साधनांचा विकास करणे. त्या पद्धतींचा उपयोग करून विज्ञानातील तत्त्वे आणि व्यवहार यांची जनमानसात चांगली जाण आणि गोडी निर्माण करणे.
४. समाजात त्या उद्दिष्टांना पुढे नेण्याकरता संशोधनकार्य, अभ्यासक्रम, कार्यशाळा, चर्चा, प्रशिक्षणाचे कार्यक्रम, जत्रा, प्रदर्शने, चित्रपट इत्यादींचे आयोजन करणे. स्थापनेनंतर काही वर्षे ‘विज्ञान प्रसार’ ही संस्था संथ चालली होती. १९९४ मध्ये

मात्र काही कार्यक्रम ठामपणे हाती घेतले गेले. अशा पहिल्या कार्यक्रमांपैकी एक होता - छापायला तयार विज्ञानपृष्ठ प्रकल्प. वर्तमानपत्राच्या एका पृष्ठाच्या आकारात एक पान तयार करणे, त्यात भारतातील विज्ञान-तंत्रज्ञान यांचा विकास दाखवणारी एक दोन मोठी आणि इतर अनेक लहान लहान सदरे लिहिणे. त्या मजकुराला छायाचित्रे, चित्रे, ग्राफिक्स वर्गैरंची सुयोग्य जोड देऊन त्या पानाचे स्वरूप पुरवणीसारखे करून वर्तमानपत्रांना पुरवणे. असे पृष्ठ हिंदी व इंग्रजीत तयार करून महिन्यातून एकदा वर्तमानपत्रांना पुरवावे असा विचार होता. पण लवकरच मुलांचे ते विज्ञानपान इतर भारतीय भाषांतल्या वर्तमानपत्रांतही जाऊ लागले आणि एखाद्या नव्या सदराची भरही त्यात पडू लागली. आज देशातल्या २० वर्तमानपत्रांच्या ३० पेक्षा अधिक आवृत्त्यांतून महिन्यातून एक किंवा दोन वेळा ही पाने जोडली जातात. 'विज्ञान प्रसार' संस्थेची ही विज्ञानपाने आज देशात सर्वात जास्त खपतात. सगळ्या वर्तमानपत्रांच्या मिळून २५ लाखांच्या वर प्रती छापल्या जातात. ह्या पानामुळे इतर वर्तमानपत्रांकडे विज्ञान-पाने पुरवा अशी मागणी येऊ लागली आहे.

'विज्ञान प्रसार' संस्थेने सुरू केलेला प्रकाशनाचा कार्यक्रमही जोर धरू लागला आहे. काही महत्वाच्या मालिका सुरू झाल्या आहेत आणि आणखी काही सुरू करण्याचा विचार आहे. पंजाबमध्ये विज्ञानाचा प्रसार सुरू करणाऱ्या रुचीराम सहानींच्या आठवणींचा संग्रह हे संस्थेचे पहिले महत्वाचे प्रकाशन होते. 'स्वातंत्र्यपूर्व भारतातील विज्ञान प्रसारक' या मालिकेतल्या ह्या पुस्तकाने विज्ञानाचा प्रसार करणाऱ्या लोकांच्या मनात एक नवी जाणीव उत्पन्न केली आणि स्वातंत्र्यपूर्व कालातल्या अशा विज्ञानप्रसारकांचा शोध घेण्याकरता देशातल्या विविध प्रांतांतून अनेकजण पुढे सरसावले. त्यांच्या प्रयत्नातून स्वातंत्र्यपूर्व भारतात विज्ञान लोकांपर्यंत नेण्याचे काम करणाऱ्या अनेक व्यक्तींची नावे उजेडात आली.

गतकाळातल्या ज्येष्ठ व श्रेष्ठ वैज्ञानिकांनी लिहिलेली विज्ञानावरची लोकप्रिय पुस्तके ही विद्यार्थ्यांच्या कित्येक पिढ्यांना प्रेरणा देत राहिली होती. पण ती पुस्तके आमच्या युवा पिढीच्या हाती लागत नाहीत, याचे कारण ती कालबाह्य झाली हे नसून त्यांच्या प्रती उपलब्ध नाहीत हे आहे. पॉप्युलर सायन्स क्लॉसिक्स या मालिकेत 'विज्ञान प्रसार' संस्थेने त्या पुस्तकांचे पुनःप्रकाशन करण्याचे ठरवले असून कमीत कमी किमतीत ती पुस्तके मुलांना मिळावीत अशी योजना केली आहे. मायकेल फॅरडॅचे 'मेणबतीचा रासायनिक इतिहास' आणि सी.व्ही.बॉइस यांचे साबणाच्या फुग्यांबद्दलचे पुस्तक अशी दोन पुस्तके प्रकाशित झालेली आहेत, आणखी काही पुस्तके प्रकाशनाची वाट पहात

आहेत.

१९९५ सालच्या विज्ञान दिवसाचा (२८ फेब्रुवारी) मुख्य विषय होता - आरोग्यासाठी विज्ञान. त्यापासून प्रेरणा घेऊन 'विज्ञान प्रसार' संस्थेने एक आरोग्यमालिका सुरू केली. त्या मालिकेद्वारे जी पुस्तके प्रकाशित केली जातील त्यांत सर्वसामान्य आजार, त्यांच्यावरचे प्रतिबंधक उपाय आणि ते रोग झाल्यास ते बरे करण्याचे उपाय अशा सर्व बाजू विचारात घेतलेल्या असतील. त्यांपैकी पहिली तीन पुस्तके प्रकाशित झाली असून त्यांचे विषय आहेत -

१. लैंगिक संबंधातून पसरणारे रोग,
२. कार्बीळ आणि
३. दमा

संस्थेला 'भारताच्या वैज्ञानिक परंपरेवरचे लिखाण' अशी मालिका सुरू करायची आहे. विज्ञान-तंत्रज्ञानाच्या काही विशिष्ट शाखांत भारतीयांनी केलेले असे योगदान की ज्याचा वर्षानुवर्षे उपयोग होत आहे आणि ज्याचा आधुनिक विज्ञानावर प्रभाव पडत आहे, याबद्दल सांगणारी पुस्तके या मालिकेत असतील. त्यांतले पहिले पुस्तक आहे - 'न गंजणारे आश्चर्य : दिल्लीतील लोखंडी खांबाचा अभ्यास.' ते ३० जानेवारी १९९७ रोजी प्रकाशित झाले. त्याच मालिकेतले दुसरे पुस्तक - 'जेथे देवांनाही चैतन्य आले : दक्षिण भारतातील तांब्यापितळ्याच्या मूर्तींचा अभ्यास' हे प्रकाशनाच्या वाटेवर आहे.

२४ ऑक्टोबर १९९५ रोजी लागलेल्या खग्रास सूर्यग्रहणाच्या निमित्ताने 'विज्ञान प्रसार' संस्थेने एक देशव्यापी मोहीम राबवली. त्यातून ग्रहणाबद्दल ज्या अपसमजुती आणि अंधश्रद्धा आहेत त्या बाजूला सारून ग्रहणाची वैज्ञानिक बाजू समजावून घेण्यास लोकांना उद्युक्त करावे असा प्रयत्न त्या मोहिमेतून केला गेला.

एन.सी.एस.टी.सी. (विज्ञान-तंत्रज्ञानाच्या माहिती प्रसारणाकरता राष्ट्रीय परिषद) या संस्थेबरोबर 'विज्ञान प्रसार' संस्थेने अनेक कार्यक्रम राबवले, ते असे:

१. शिक्षक व विद्यार्थी यांच्यासाठी दुर्बीण बनविण्याची कार्यशाळा.
२. पुस्तके, खग्रास सूर्यग्रहणाचा तक्ता आणि मुलांना विविध कामे करण्यास लागणाऱ्या सामानाचा बटवा (किट) अशा गोष्टी बनवणे.
३. माहितीपर चलचित्रे बनवून त्यांचे प्रसारण.

खग्रास सूर्यग्रहण पहाण्यासाठी लोकांनी घराबाहेर यावे यासाठी 'विज्ञान प्रसार' संस्थेने अभिनव योजना आखून ती प्रत्यक्षात आणली. त्याकरता खग्रास सूर्यग्रहणाची



शपथ लिहिलेली पत्रके काढली व वाटली. त्यांच्यावर सहा करून देशातल्या कानाकोपऱ्यातल्या हजारो लोकांनी ती पत्रके परत पाठवली. शिवाय कित्येक व्यक्तींनी आणि स्वयंसेवी गटांनी त्या शपथेचे इतर भाषांत भाषांतर करून ती मोठ्या प्रमाणावर लोकांपर्यंत पोहोचवली. या सगळ्या प्रयत्नातून कार्यक्रमांची एक देशव्यापी साखळी तयार झाली. 'विज्ञान प्रसार', 'एन.सी.एस.टी.सी.', व इतर संस्था यांच्या या प्रयत्नाला भरघोस यश मिळून लाखो लोकांनी ते सूर्यग्रहण पाहिले. तो एक विलक्षण अनुभव होता आणि त्याने 'विज्ञान प्रसार'चे नाव घरोघरी पोहोचले.

'विज्ञान प्रसार' संस्थेचा एक दृकश्राव्य कार्यक्रमही आहे. त्या कार्यक्रमांतर्गत २४ ऑक्टोबर १९९५ च्या सूर्यग्रहणावर चलचित्रांचा संच तयार केला गेला, तसेच आकाशवाणीवरून काही कार्यक्रम प्रसारित केले गेले. एका घटनेवर आधारित हा प्रयत्न 'विज्ञान प्रसार' संस्थेशी संबंधित व्यक्तींना समाधानकारक वाटला. शिवाय लोकांकडूनही त्याला चांगला प्रतिसाद मिळाला.

अलीकडेच 'विज्ञान प्रसार'ने 'माहिती-प्रणाली' ची सुरुवात केली आहे. तिला 'व्हिप्रिस' असे म्हणतात. विज्ञान-तंत्रज्ञानाच्या विविध बाजूंची माहिती आणि त्याबद्दलची संकलित आधारसामग्री यांचा सहज उपलब्ध होईल असा संग्रह असावा अशी मागणी विविध क्षेत्रांतून येत असते, विज्ञान लोकांपर्यंत नेण्याचे काम करणाऱ्या व्यक्तींकडून त्याची विशेष मागणी येते. त्या मागणीचे समाधान करण्यासाठी अशी एक माहिती प्रणाली सुरू करण्यात आली आहे, त्या माहितीचा संगणक प्रणालीत समावेश केल्याने ती माहिती सर्वांना उपलब्ध होईल.

या टप्प्यावर 'व्हिप्रिस'च्या अंतर्गत एक पाक्षिक सेवा सुरू केली आहे. हे पाक्षिक म्हणजे दोन पानी इलेक्ट्रॉनिक पत्रक असून त्याचे दूरदर्शनवरून रोज प्रसारण केले जाते. आकाशवाणीवरून एक साप्ताहिक विज्ञान बातमीपत्र प्रसृत केले जाते. याशिवाय प्रशिक्षण, सीडी रॉमचा विकास आणि उत्पादन, वेगवेगळ्या विषयांतील साधनसामग्री तयार करणे इत्यादी योजना आहेत.

'पर्यावरण आणि सुरक्षिततेचे कायदे : नियम आणि मार्गदर्शक लेख' ह्या विषयावर तयार केलेल्या डेटाबेसचा पहिला टप्पा पूर्ण झाला आहे. १२ सप्टेंबर १९९६ रोजी इंटरनेटवर 'विज्ञान प्रसार'ने आपले होम पेज सुरू केले. ह्या होम पेजमधून कॉमकॉम नावाचे विज्ञान मासिक ऑनलाइन उपलब्ध करण्याचा विचार आहे. 'विज्ञान प्रसार' बदल, दैनिक हवामान अहवाल, दैनिक आणि मासिक आकाशाचा नकाशा, विज्ञान-तंत्रज्ञान क्षेत्रात भारतातल्या रिकाम्या जागा, विज्ञान-तंत्रज्ञान प्रयोगशाळांचे बातमीपत्र,

विज्ञान-तंत्रज्ञानातील इतर डेटाबेस इत्यादींचा होमपेजमध्ये समावेश आहे. ह्यात हिंदी एच.टी.एम.एल.ची सोय आहे तिचा उपयोग करून इच्छुक आपल्या संगणकात हिंदीतली माहिती उतरवू शकतात. त्यात चर्चा व्यासपीठ आहे, त्यातून प्रेक्षकांच्या प्रतिक्रियांची दखल घेतली जाते.

'एन.सी.एस.टी.सी.' आणि 'आकाशवाणी' यांनी मिळून 'मानव का विकास' हा १०८ भागांचा कार्यक्रम तयार केला होता. १८ भारतीय भाषांत त्याच्या ध्वनिफिती 'विज्ञान प्रसार'ने तयार केल्या आहेत.

कितीतरी दृकश्राव्य कार्यक्रम तयार करण्यात आले आहेत. त्यांपैकी हर्बल पेट्रोल आणि कॉमेट हे अलीकडे तयार झालेले दोन कार्यक्रम आहेत. इतर अनेक कार्यक्रम तयार होत आहेत.

आत्ता इथेच थांबतो. पण 'विज्ञान प्रसार' आणखीही बरेच काही करत आहे.

नरेंद्र के. सहगल,  
निदेशक,  
'विज्ञान प्रसार'

# जॉन बर्डन सँडरसन हाल्डेन यांचे जीवन व काम

“मी निसर्गाचा एक अंश आहे आणि इतर वस्तूंप्रमाणे, मग तो विद्युत्प्रसूत असो किंवा पर्वतरांग असो, कालावधी संपला की मीही संपून जाईन. पण मला त्याची पर्वा नाही, कारण मी नसलो तरी माझ्या कामापैकी काही भाग शाश्वत राहील.”

जे. बी. एस. हाल्डेन

अनेकांना हाल्डेन कोण होते हे माहीत असेलही कदाचित. त्यांनी विपुल लिखाण केले आहे. आमच्या युवा वाचकांना आणि विज्ञान न शिकलेल्या वाचकांना हाल्डेनच्या लिखाणाचा परिचय करून देण्याचा आमचा इरादा आहे. आणि त्यांचा परिचय मात्र ते स्वतः जितका चांगला करून देतात तितका दुसरा कुणी करणार नाही. पुष्कळांना हाल्डेन या व्यक्तीबद्दल काही माहिती नसेल, त्यांनी काय काम केले याची कल्पना नसेल. हाल्डेन यांच्या व्यक्तिमत्त्वातील कितीतरी गुणविशेष खऱ्या अर्थी प्रेरणादायी आहेत. विज्ञानाचा विकास आणि त्याचा समाजाशी संबंध, विज्ञान पद्धतीचे महत्त्व, मानवाच्या कल्याणाबद्दलची वाटणारी आस्था या विषयांवरचे त्यांचे विचार आजही तितकेच महत्त्वाचे आहेत.

आयुष्याची शेवटची पाच वर्षे भारताचे नागरिक बनून ते भारतातच रहात होते. हाल्डेनची ओळख करून देताना आम्ही हे सर्व मुद्दे ध्यानात घेतले आहेत. तरीही या

लेखाला त्यांचे संपूर्ण चरित्र म्हणता येणार नाही.

हाल्डेन हे खऱ्या अर्थी बहुश्रुत होते. वैज्ञानिक म्हणून त्यांनी विज्ञानात टाकलेली सर्वात महत्त्वाची भर म्हणजे उत्क्रांतीचा गणिती सिद्धांत. लोकसंख्येचे अनुवंशशास्त्र याची सुरुवात करणाऱ्यांपैकी हाल्डेन हे एक होते. लोकसंख्येचे अनुवंशशास्त्र व ऍस्ट्रोफिजिक्स या दोन्ही विषयांवर ते सहजपणे बोलू किंवा लिहू शकत असत. ऍस्ट्रोफिजिक्समधले त्यांचे ज्ञान चकित करून टाकणारे होते. हाल्डेनना खऱ्या अर्थी बहुतेक सर्व विज्ञानविषयांत रस होता.

परस्परविरोधी गुणविशेषांनी त्यांचे व्यक्तिमत्त्व भरलेले होते. विज्ञानक्षेत्रात ते इतरांचे कोणतेही सिद्धांत स्वीकारण्याइतके खुल्या दिलाचे होते, पण राजकारणाच्या क्षेत्रात ते दुराग्रहाचा पुतळा होते. ते कमालीचे उद्धट बोलू शकत, पण कमालीचा दयाळूपणाही त्यांच्या ठायी होता. ते अतिशय काटकसरी असून एकही गोष्ट वाया जाऊ देत नसत. शिष्टाचाराची कृत्रिम बंधने त्यांना मान्य नसत, ते स्वतः नेहमी मुद्द्याचे बोलत. अवैज्ञानिक संवाद, केवळ उपचारासाठी भेटी वगैरे गोष्टी त्यांना आवडत नसत.

## कौटुंबिक पार्श्वभूमी आणि शिक्षण

इंग्लंडमधल्या ऑक्सफर्ड गावी ५ नोव्हेंबर १८९२ रोजी हाल्डेन यांचा जन्म झाला. त्यांच्या वंशवृक्षाची पाळेमुळे १३ व्या शतकाच्या मध्यापर्यंत गेलेली आढळतात. त्यांचे वडील जॉन स्कॉट हाल्डेन (१८६०-१९३६) हे शरीरशास्त्रज्ञ असून ते मानवी श्वसनावरच्या कामासाठी प्रसिद्ध होते. रक्तामध्ये कर्ब-द्वी-प्राणिलाचे जितके प्रमाण असेल त्यावर माणसाच्या श्वसनाची गती अवलंबून असते, हे त्यांनी प्रस्थापित केले. अतिउंची आणि समुद्रसपाटीच्या खालच्या भागातील दाब यांच्या श्वसनावर होणाऱ्या परिणामांचाही त्यांनी अभ्यास केला. तसेच खाणीतील कार्बन मोनॉक्साइडचे अपायकारक परिणाम दाखवून त्यांनी खाणीतील सुरक्षितता सुधारली.

हाल्डेनची आई लुईसा कॅथलीन हाल्डेन (नी ट्रॉटर) या माणसांची संकटांतून मुक्तता करण्याच्या कामात लागलेल्या असत. हाल्डेनवर आपल्या आईवडिलांचा प्रभाव होता, विशेषतः वडिलांचा. एकदा ते म्हणाले होते, “मी माझ्या यशाचे मोठे श्रेय माझ्या वडिलांना देतो.” वडिलांच्या प्रयोगशाळेत ते लहानपणापासून मदत करीत असत, वैज्ञानिक कामाचे पहिले धडे त्यांना आपल्या वडिलांकडून मिळाले होते. पुढे ते एकदा म्हणाले होते, “माझे बहुतेक विज्ञान शिक्षण हे वडिलांच्या प्रयोगशाळेत उमेदवारी करताना झाले आहे. वयाच्या आठव्या वर्षापासून मी त्यांना मदत करत होतो. माझी विद्यापीठानली पदवी ही विज्ञानात नसून साहित्यात होती.”

आपल्या लहानपणाविषयी ते म्हणतात : मी कोणत्याही धर्माच्या सिद्धांताच्या आधारावर वाढलो नाही. आमच्या घरात धर्मश्रद्धेची जागा विज्ञान आणि तत्त्वज्ञानाने घेतली होती, आणि त्या वातावरणात मी वाढलो. शाळकरी मुलगा असताना मला नव्या विचारांची ओळख करण्याची मुभा होती, त्याच कारणाने आइनस्टाइन समजायला मला अवघड जात नाही किंवा फ्रॉइडचे विचार वाचून मला धक्का बसत नाही. तरुणपणी युद्धात भाग घेतल्याने मला माणसाच्या अशा बाजू कळल्या की ज्या बाजूचा साध्या बुद्धिवादी लोकांना सहसा अनुभव येत नसतो. मोठा झाल्यावर मी एक जीवशास्त्रज्ञ झालो आहे. माझ्या दृष्टिकोनातून जग पहाताने तेव्हा त्याचे मला एक वेगळेच चित्र दिसते. ते पूर्णतया चुकीचे नाही असा माझा विश्वास आहे.

शाळेत असतानाच म्हणजे १४ व्या वर्षी मी लॅटिन आणि ग्रीक भाषांचा अभ्यास सोडून दिला आणि रसायनशास्त्र, पदार्थविज्ञान, इतिहास आणि जीवशास्त्र यांचा अभ्यास करू लागलो. त्याकरता माझ्या वडिलांचा मला पूर्ण पाठिंबा होता, पण हेडमास्तरांचा पारा मात्र चढला, “अधिक शहाणा होऊ लागला आहेस” असे ते म्हणाले.

हालडेनना वाड्मयाबद्दल फार आस्था होती. शेक्सपियर, डॉटे, शेले, कीट्स, रिम्बॉड आणि बाल्झाक हे लेखक त्यांना आवडत. दस्तोयव्हस्की आणि टॉलस्टॉय यांची पुस्तके ते वाचत. बर्नार्ड शॉ आणि एच. जी. वेल्स हे त्यांचे मित्र होते. त्यांना अकरा भाषा वाचता येत आणि त्यातल्या तीन भाषांत ते व्याख्यान देऊ शकत.

१९११ साली ते गणिताची शिष्यवृत्ती घेऊन ऑक्सफर्ड विद्यापीठात गेले, तेथे त्यांनी पहिल्या श्रेणीत गणिताची पदवी घेतली. पहिल्या वर्षात असताना त्यांनी प्राणिशास्त्राचाही एक अभ्यासक्रम केला. प्राणिशास्त्राच्या विद्यार्थ्यांकरता आयोजित केलेल्या चर्चेत हालडेननी आपले संशोधन जाहीर केले. इतरांनी प्रसिद्ध केलेल्या साधन सामग्रीवर आधारित असे ते संशोधन होते. त्यातून पृष्ठवंशीय प्राण्यातल्या जनुकांमधली संलग्नता स्पष्ट झाली. ती संलग्नता कळण्याचे ते पहिलेच उदाहरण होते. पण त्याकरता त्यांनी दिलेला पुरावा पुरेसा नव्हता म्हणून आपला प्रबंध प्रकाशित होण्याकरता त्यांना १९१६ पर्यंत वाट पहावी लागली.

विद्यापीठाची पदवी पदरात पडण्यापूर्वीच त्यांना विद्यापीठ सोडून ब्रिटिश सैन्यात दाखल व्हावे लागले कारण पहिल्या महायुद्धाला तोंड फुटले होते. युद्धानंतर ते जेव्हा ऑक्सफर्ड विद्यापीठात परतले तेव्हा न्यू कॉलेजचे फेलो म्हणून त्यांची निवड झाली आणि ते शरीरशास्त्र शिकवू लागले. शिकवण्याच्या कामाशिवाय त्यांनी शरीरशास्त्र आणि अनुवंशशास्त्र यावर संशोधनात्मक काम सुरू केले.

## विज्ञानातले त्यांचे योगदान

शरीरशास्त्र, जैवरसायन आणि अनुवंशशास्त्र या तीन क्षेत्रांत हालडेन यांनी प्रामुख्याने योगदान केले आहे.

मानवी शरीरशास्त्राचा त्यांनी अनेक बाजूंनी अभ्यास केला आणि काही वेळा तर स्वतःच्या शरीरावर प्रयोग करून पाहिले. आपले शरीर हे प्रायोगिक पदार्थ म्हणून वापरण्याकरता त्यांची ख्याती होती. रक्तातील अल्कधर्मिता कशी काबूत ठेवता येईल यावर त्यांनी जे काम केले ते पाठ्यपुस्तकाकरता वापरता येईल असे आहे.

१९२२ साली फ्रेडरिक काउलंड हॉपकिन्स यांनी बोलावले म्हणून हालडेन हे केंब्रिज विद्यापीठात रसायनशास्त्राचे प्रपाठक म्हणून गेले. तेथे ते १० वर्षे राहिले. त्या काळात त्यांनी विकरांवर (एन्झाइमवर) काम केले. गणिताच्या सहाय्याने त्यांनी विकराची प्रतिक्रिया कोणत्या वेगाने काम करते ते निश्चित केले. जी. इ. ब्रिग्स यांच्या सहकार्याने त्यांनी विकराची प्रतिक्रिया ही उष्मगतिकीच्या नियमांप्रमाणे होत असते, असे सिद्ध केले. जैवरसायनात त्यांनी जे काम केले त्याबद्दल ते म्हणतात, “या क्षेत्रात माझा सर्वात महत्त्वाचा शोध म्हणजे - झाडांची रोपे, उंदीर आणि पतंग (मॉथ) यांच्यात सापडणारा सायटोक्रोम ऑक्सिडेझ हा पदार्थ. कार्बन मोनॉक्साइड आणि प्राणवायू यांत स्पर्धा लागलेली असते. या पदार्थाविषयी विशेष गोष्ट अशी की पतंगांच्या मेंदूत असलेला तो पदार्थ अभ्यासण्याकरता पतंगांना कापावे किंवा मारून टाकावे लागले नाही. पण विकरांच्या रसायनशास्त्राविषयीचे जे नियम मी शोधले ते काम कदाचित अधिक महत्त्वाचे असू शकेल.”

लोकसंख्येचे अनुवंशशास्त्र प्रस्थापित करणाऱ्यांपैकी हालडेन हे एक होते. केंब्रिज विद्यापीठात आनुवंशिकीसंबंधी संशोधन करून त्यांनी संकरित प्राण्यांचे लिंग (नर वा मादी) निश्चित होण्यामागे कोणते नियम असतात ते निश्चित केले. सर्वसाधारण नियम असा आहे की संकरित प्राण्यांच्या पहिल्या पिढीत निश्चित लिंग जर क्वचित आढळत असेल किंवा त्याचा अभाव असेल किंवा ते प्राणी वांझ असतील तर ते प्राणी विषमयुग्मी (हेटरोगॅमेटिक) असतात.

१९३३ मध्ये त्यांनी केंब्रिज विद्यापीठ सोडले आणि ते लंडनमधल्या युनिव्हर्सिटी कॉलेजमध्ये गेले, तेथे त्यांनी मानवी आनुवंशिकीवर बरेच काम केले. १९३५ साली त्यांनी एक्स या गुणसूत्रांचा कच्चा आराखडा तयार केला. रंगांधपणा, कातडीचा एक रोग आणि डोळ्यांची दोन गुणवैशिष्ट्ये यांना जबाबदार ठरणारी जनुके कुठे असतात हे त्या आराखड्यात त्यांनी दाखवले होते. जीवशास्त्र आणि आनुवंशिकी शिकणाऱ्या विद्यार्थ्यांनी त्यांचा ‘निसर्गाची निवड’ या बाबतचा गणिती अंगाने मांडलेला सिद्धांत

जरूर शिकला पाहिजे. १९३२ साली त्यांनी उत्क्रांतीची कारणे या विषयावर एक पुस्तक लिहिले त्यात त्यांनी मानवी उत्परिवर्तनाचा (म्युटेशन) दर किती असेल याचा पहिला अंदाज दिला आहे. 'जर्नल ऑफ जेनेटिक्स' या नियतकालिकाचे ते संपादन करीत. त्याकरता त्यांनी केलेले काम म्हणजे आनुवंशिकीमध्ये मोठीच भर होती.

जीवसृष्टी निर्माण होण्यापूर्वीच्या वातनिरपेक्षी (अनेरोबिक) वातावरणात सजीव सृष्टीचा उगम झाला असेल असे हाल्डेन आणि ए. आय. ओपेरिन या दोघांनी स्वतंत्रपणे प्रतिपादन केले होते.

हाल्डेनच्या विज्ञानक्षेत्रातल्या कामाचा आणखी एक महत्त्वाचा विशेष होता. वेगळ्या वेगळ्या विज्ञानशाखांतल्या संकल्पना आणि साधने त्यांना नवनवीन क्षेत्रात आणता आल्या.

त्यांनी विज्ञानासाठी काम केले याचा सारांश त्यांच्याच शब्दात सांगायचा झाला तर, "माझं काम विविध प्रकारचं आहे. मानवी शरीरशास्त्राच्या क्षेत्रात अमोनियम क्लोराइड व इतर क्षार हे मोठ्या प्रमाणावर खाण्यात आले तर त्यांचा शरीरावर काय परिणाम होतो, याबद्दलच्या कामामुळे मला प्रसिद्धी मिळाली. रेडियम किंवा शिसे यांच्यामुळे जे विष अंगात शिरते त्याच्यावर उपाययोजना करण्यात माझ्या कामाचा उपयोग झाला. आनुवंशिकी क्षेत्रात सस्तन प्राण्यातले बंध (सहलग्नता) शोधले, मानवी शरीरातल्या गुणसूत्रांचा आराखडा काढला आणि (पेट्रोझच्या बरोबर) मानवी जनुकात उत्परिवर्तनाचा दर काय असतो हे मोजणे इत्यादी गोष्टी करणारा मीच पहिला होतो. गणितातही मी काही लहानसहान शोध लावले आहेत."

### पारितोषिके आणि सन्मान

१९३२ साली रॉयल सोसायटीचे फेलो म्हणून त्यांची निवड झाली. सजीवांच्या लोकसंख्येच्या उत्क्रांतीची आधुनिक बाजू तपासायची सुरुवात केल्याबद्दल रॉयल सोसायटीने त्यांना १९५३ साली डार्विन पदक दिले. फ्रेंच सरकारने १९३७ साली त्यांना 'लीजन ऑफ ऑनर' देऊन त्यांचा सन्मान केला. आकादेमिया नाझियानाल देइ लिन्सेइ या संस्थेने त्यांना १९६१ मध्ये फेल्ट्रिनेली पारितोषिक दिले. याशिवाय ऑक्सफर्ड विद्यापीठाचे 'वेल्डन मेमोरियल प्राइझ', लिनियन सोसायटीचे 'डार्विन वॉलेस मेडल', ऍन्थ्रोपॉलॉजिकल इन्स्टिट्यूटचे 'हक्सले मेमोरियल मेडल', युएस नॅशनल अकॅडमी ऑफ सायन्सेस तर्फे 'किंबलर जेनेटिक्स अवॉर्ड' असे अनेक सन्मान त्यांना मिळाले. जेनेटिकल सोसायटीचे ते १९३२ ते ३६ पर्यंत अध्यक्ष होते.

### श्रेष्ठ विज्ञानप्रसारक

विज्ञानाचा लोकांत प्रसार व्हावा यासाठी त्यांनी अत्यंत सुबोध लिखाण केले. विज्ञानातल्या क्लिष्ट संकल्पना अतिशय सोप्या शब्दात सांगण्याची त्यांची हातोटी होती, (आणि तसे करताना त्या संकल्पनांच्या अर्थाला ते धक्का पोहोचू देत नसत.) त्यांचे लेख, व्याख्याने, आकाशवाणीवरून दिलेली भाषणे यांच्यामुळे ते सर्वाना परिचित झाले होते.

विज्ञानाला एक सामाजिक जबाबदारी आहे यावर हाल्डेनचा रोख असे. त्याकरता वैज्ञानिकांनी सोप्या व सामान्यजनांना समजेल अशा भाषेत विज्ञानाची माहिती दिली पाहिजे असे ते म्हणत. 'सोप्या भाषेत' विज्ञान समजावून देणारे इतके लेख त्यांनी स्वतः लिहिले आहेत की त्यांचे कित्येक खंड होतील.

### विज्ञानप्रसारकांना हाल्डेनचा संदेश

"तुम्ही आपले ज्ञान दाखवण्याकरता लिहू नका, वाचकांना काहीतरी अवघड प्रयोग करून दाखवावा म्हणून त्याचे अत्यंत अचूक आणि बारकाईचे तपशील देत बसणे हा विज्ञानप्रसारकांचा उद्देश नसावा. वाचकांना एखाद्या गोष्टीची परिपूर्ण माहिती देणे हेही तुमचे काम नाही. तुमच्या लेखातून त्यांना त्या विषयात रस वाटला पाहिजे, त्यांची जिज्ञासा चाळवली गेली पाहिजे. आणि त्याकरता तुम्ही जे लेखात लिहिता त्यापेक्षा त्या विषयाची तुम्हाला बरीच अधिक ओळख असायला हवी. त्या सगळ्या माहितीतून एकसंध अशी गोष्ट तयार व्हायला पाहिजे...पण म्हणून तुम्ही अडाणी आणि खुळ्या वाचकांसाठी लिहिता आहात असे समजू नका. विज्ञानातल्या अनोळखी घटना घेऊन तुम्ही त्यांचा रोजच्या जीवनातील घडामोडींशी व अनुभवांशी काय संबंध आहे ते सतत दाखवत राहिले पाहिजे असा त्याचा अर्थ आहे. तुमचा लेख पूर्ण झाला की तो तुमच्या एखाद्या मित्राला - विशेषकरून तो विज्ञान शिकलेला नसेल तर अधिक बरे - वाचायला द्या. नाहीतर तो लेख सहा महिने तसाच ठेवून द्या आणि नंतर स्वतःच वाचून बघा. तेव्हा जी वाक्ये सोपी सरळ वाटली ती कदाचित नंतर क्लिष्ट आणि लांब वाटतील. अशी वाक्ये कशी शोधावीत हे सांगतो. वाक्यातल्या स्वल्पविराम आणि अर्धविरामांच्या जागी पूर्णविराम घालता येतो का ते तपासा आणि शक्य असेल तर पूर्णविरामांचा वापर करा. पूर्ण वाक्यांमुळे वाचकांना दम घ्यायला वेळ मिळतो तसेच कर्मणि प्रयोगांच्या ऐवजी कर्तरी प्रयोग करता आले तर बघा."

"अवैज्ञानिक वाचकांना प्रयोगशाळांतून काय चालते हे जाणण्याचा अधिकार असतो, त्यांनी भरलेल्या करांचा काही अंश त्या कामांकरता खर्च होत असतो" असा

त्यांचा विश्वास होता.

## शिक्षणाबद्दल

प्रत्यक्ष कृतीतून शिक्षण देणे ह्या संकल्पनेचे ते पुरस्कर्ते होते. “संख्या हाताळल्या म्हणजे त्यांच्याशी आपले भावनिक नाते जुळते. पण ते कसे करायचे ? आपल्या विद्यार्थ्यांना आपल्या रस्त्यावरच्या दोन आवारातली झाडे मोजायला मी सांगतो. ते काम करायला लागले की विद्यार्थ्यांना खऱ्या अडचणीची कल्पना येते. उदा. हे झाड आहे की झुडूप ? ह्या केळीच्या झाडाला एक म्हणायचे की अनेक ? सारखी वर्दळ असलेल्या घराला घर म्हणायचे की कारखाना ? वगैरे. एका आवारात सुपारीची १०० झाडे आहेत असा माझा कयास आहे, पण तो चुकीचा असू शकेल. मी स्वतः प्रत्यक्ष मोजले नाही, पण मुलामुलींनी मोजून शंभर झाडे म्हणजे काय असते याचा अनुभव घ्यावा असे मला वाटते. तसेच विद्यार्थ्यांनी सतत - काय, किती, कितीदा, किती प्रभावी- असे प्रश्न विचारले पाहिजेत.

आपल्या विद्यार्थ्यांनी विज्ञानातल्या अमूर्त (एबस्ट्रॅक्ट) संकल्पना आणि व्यवहारातला अनुभव यांच्यातला संबंध स्पष्ट केला पाहिजे अशी त्यांची इच्छा असे, जन्मभर ते स्वतः तसे करत होते. ह्या कारणानेच त्यांनी, “विज्ञानातील अनोळखी घटना घेऊन त्यांचा रोजच्या जीवनातील घटनांशी काय संबंध आहे ते तुम्ही दाखवायला हवे” असा सल्ला दिला आहे.

सद्य परिस्थितीत चालू असलेल्या शिक्षणपद्धतीबद्दल त्यांचे मत विचार करण्यासारखे आहे. ते म्हणतात, “आपली चालू शिक्षणपद्धती ही मुलांना अन्यायकारक आहे. वैज्ञानिक सत्य काय आहे हे पडताळून पहाण्याची संधी पुष्कळशा विद्यार्थ्यांना मिळत नाही. आणि ते मानवी दृष्टिकोनातून कुणी शिकवत नाही. विज्ञान शिक्षणाची सुरुवात स्वस्थ किंवा सारख्या गतीत फिरणाऱ्या काल्पनिक वस्तूपासून न होता माणसाच्या देहापासून झाली पाहिजे. माझे विज्ञानशिक्षण वयाच्या तिसऱ्या वर्षी माणसाच्या देहापासूनच सुरू झाले.”

## राजकीय व सामाजिक दृष्टिकोन

हालडेन यांना मानवी कल्याणाची चिंता लागलेली असे. विद्यार्थीदशेत ते ऑक्सफर्ड विद्यापीठाच्या उदारमतवादी वातावरणात वावरले, पण हळूहळू डाव्या विचारसरणीकडे त्यांचा कल होत गेला आणि त्यांनी १९४२ साली औपचारिक रीत्या कम्युनिस्ट पक्षात प्रवेश केला. त्यापूर्वी त्यांनी ‘मार्क्सिस्ट तत्त्वज्ञान आणि विज्ञान’ चे लिखाण केले होते. एंगल्स यांचे ‘डायालेक्टिक्स ऑफ नेचर’ हे पुस्तक अपूर्ण राहिले

होते. त्याचे भाषांतर करण्याकरता हालडेननी टिपण्या आणि प्रस्तावना लिहून ठेवली होती. एंगल्सच्या विचारांनी ते चांगलेच प्रभावित झाले होते, ते म्हणतात, “एंगल्सचे डार्विनिझमबद्दलचे विचार जर माहीत असते तर माझ्यासारख्या माणसांचा वैचारिक गोंधळ टळला असता.” डेली वर्कर या मासिकाच्या संपादकीय मंडळाचे ते अध्यक्ष होते. त्या मासिकाकरता त्यांनी वैज्ञानिक विषय घेऊन त्यात राजकीय टिपण्या देऊन सुमारे ३०० लेख लिहिले होते. रेनॉल्डस न्यूज सारख्या डाव्या विचारसरणीच्या वृत्तपत्राकरताही त्यांनी शंभर-सव्वाशे लेख लिहिले होते. आपल्याला मिळाला तसा आपल्या सर्व बंधुभगिनींना परिस्थितीचा लाभ मिळावा यासाठी ते सोशालिस्ट झाले. त्यांचा परिमाणात्मक (क्वांटिटेटिव्ह) अचल दृष्टिकोन, आनुवंशिकीचे त्यांचे सखोल ज्ञान आणि कर्तव्याची जाण या सगळ्यांचा परिणाम होऊन त्यांची राजकीय व सामाजिक मते बनली होती. कम्युनिस्ट पक्षात शंकेला स्थान नव्हते ही गोष्ट हालडेनना पटण्यासारखी नव्हती, त्या कारणाने त्यांनी तो पक्ष सोडला.

## आदर्श समाजाविषयी ते म्हणतात,

“ज्या समाजात सर्व स्त्रीपुरुषांना आपल्या अंगभूत गुणांचे चीज करण्याची संधी मिळते तो आदर्श समाज होय. त्याकरता दोन गोष्टींची जरूरी असते. एक म्हणजे मनाप्रमाणे वागण्याची मोकळीक, या प्रकारच्या मोकळेपणामुळे व्यक्तींना आपल्या वैयक्तिक धर्तीवर विकास करण्याची मुभा मिळेल. ठराविक मार्गाने विकास करण्याची त्यांच्यावर सक्ती होणार नाही. सर्व व्यक्ती इष्ट अशा एका साच्यात वाढण्याचे कितीही फायदे दिसले तरी तशी सक्ती योग्य नव्हे. दुसरी गोष्ट म्हणजे, समान संधी. समान संधी मिळाल्याने समाजातले स्त्री-पुरुष आपापल्या स्वाभाविक कुवतीप्रमाणे समाजात स्थान मिळवू शकतील.”

आपल्या सामाजिक आणि राजकीय संकल्पनांना आकार द्यायचा असेल तर समाजाच्या सर्व भागातून पाठिंबा मिळाला पाहिजे, याची हालडेनना पूर्ण जाणीव होती.

## भारतात :

इंग्रज व फ्रेंचांनी सुवेझ कालव्यावर केलेल्या आक्रमणाचा निषेध म्हणून ते १९५७ साली भारतात आले. त्यांनी भारतात येण्याचे ठरविण्याला आनुवंशिकी आणि जीवमिती या दोन विषयांत संशोधन करण्याकरता लागणाऱ्या सुविधा या देशात उपलब्ध होत्या हेही एक सबळ कारण होते. कलकत्ता येथील इंडियन स्टॅटिस्टिकल इन्स्टिट्यूटमध्ये यावे असे आमंत्रण पी.सी.महालानोबिस यांनी हालडेन यांना दिले होते, त्याला अनुसरून हालडेन हे तिथे रुजू झाले. तिथे परिमाणात्मक जीवशास्त्रातील अनेक प्रकल्पांची सुरुवात



करून हाल्डेननी सैद्धांतिक आणि उपयोजित संशोधनाला मोठी गती दिली. त्या इन्स्टिट्यूटमध्ये संख्याशास्त्राच्या पदवीकरता अभ्यासक्रम तयार करण्याचे काम हाल्डेननी महालानोबिसबरोबर केले.

इंडियन स्टॅटिस्टिकल इन्स्टिट्यूटमधल्या त्यांच्या अनुभवाबद्दल ते म्हणतात, “या संस्थेचा मी अनेक बाबतीत ऋणी आहे. या संस्थेत माझ्यापेक्षा वयाने लहान असलेल्या तरुणांचा वेध घेण्याची जी संधी मला मिळाली त्या बाबतीत मी संस्थेचा सर्वाधिक ऋणी आहे. ते सर्व तरुण विज्ञान संशोधनाच्या दिव्य परंपरेत बसणारे आहेत.”

१९६१ साली त्यांनी संस्थेचा राजीनामा दिला व एक संशोधनकेंद्र स्थापले. त्या केंद्राला आर्थिक सहाय्य ‘सी.एस.आय.आर.’ या संस्थेने दिले, शिवाय त्यांच्या मित्रांनीही त्यांना सहकार्य केले. १९६२ साली भुवनेश्वर येथे जाऊन त्यांनी आनुवंशिकी आणि जीवमिती यांची प्रयोगशाळा स्थापन केली.

भारतीय संस्कृतीबद्दल त्यांना आदर होता. त्या संस्कृतीचे आधुनिक विज्ञानाशी एक नाते आहे आणि त्याबद्दल हाल्डेननी विस्तृत लिखाण केले आहे. भारतीय तत्त्वज्ञानाचा ते अभ्यास करीत होते. त्यांना संस्कृत भाषेचे चांगले ज्ञान होते. १९६१ साली त्यांनी भारतीय नागरिकत्व घेतले.

## त्यांचे काम

अनेक विषयांवर लिहिण्यात त्यांचा हातखंडा होता. अखेरपर्यंत ते लिहीत राहिले. त्यांनी २४ पुस्तके लिहिली, त्यांत विज्ञान कथा आणि मुलांकरता एक गोष्टीचे पुस्तक होते. त्यांचे संशोधनपर लेख ४०० पेक्षा अधिक होते. सामान्य लोकांकरता त्यांनी कितीतरी लेख लिहिले. आपल्या लिखाणाबद्दल ते म्हणतात, “विज्ञान पुस्तकांखेरीज मी कितीतरी लेख सामान्य लोकांकरता लिहिले आहेत, त्यात मुलांकरता गोष्टीचे पुस्तकही आहे. माझ्या मते विज्ञान सर्वांना समजेल अशा भाषेत लिहिणे हे वैज्ञानिकाचे कर्तव्य आहे आणि तसा प्रयत्न मी नेहमीच करत आलो आहे.” त्यांच्या काही महत्त्वाच्या पुस्तकांची नावे अशी आहेत :

डीर्डलस - सायन्स अँड दि फ्युचर (१९२४); कॅलिनिकस - ए डिफेन्स ऑफ केमिकल वॉरफेअर (१९२५); द लास्ट जजमेंट (१९२७); ऍनिमल बार्बोलॉजी (१९२७, जे.एस.हक्सलेसह); पॉसिबल वर्ल्ड्स अँड अदर एसेज (१९२७); द ओरिजिन ऑफ लाइफ इन रॅशनॅलिस्ट ऍन्यअल (१९२९, पृष्ठे ३-१०); सायन्स अँड एथिक्स (१९२८); एन्झाइम्स (१९३०); द इन्क्वालिटी ऑफ मॅन अँड अदर एसेज (१९३२); सायन्स अँड ह्युमन लाइफ (१९३३); फॅक्ट अँड फेथ (१९३४); द

कॉझेस ऑफ इन्वोल्युशन (१९३३); सायन्स अँड द सुपरनॅचरल (१९३५, ए.लुन यांच्याबरोबर); माय फ्रेंड : मिस्टर लीकी (१९३७, मुलांकरता); द मार्क्सिस्ट फिलॉसॉफी अँड द सायन्सेस (१९३८); हेरेडिटी अँड पॉलिटिक्स (१९३८); सायन्स अँड यू (१९३९); सायन्स इन एव्हरी डे लाइफ (१९४०); प्रिफेस अँड नोट्स टू डायालेक्टिक्स ऑफ नेचर (एंगल्सच्या पुस्तकाचे हे भाषांतर आहे, त्याचे संपादन सी.दत्ता यांनी केले होते. १९४०); सायन्स इन पीस अँड वॉर (१९४०); न्यू पाथस ऑफ जेनेटिक्स (१९४१); सायन्स अँड व्हन्सेस (१९४७); व्हॉट इज लाइफ (१९४७).

## अखेरची इच्छा

१ डिसेंबर १९६४ रोजी हाल्डेनचे देहावसान झाले. त्यांच्या इच्छेप्रमाणे त्यांचा देह काकिनाडा येथल्या मेडिकल कॉलेजकडे देण्यात आला. आपल्या मृत्युपत्रात त्यांनी लिहिले होते,

“मी जिवंत असताना माझ्या शरीराचा दोन प्रकारने उपयोग झाला. मृत्यूनंतर मला त्याचा काही उपयोग नाही, मग मी अस्तित्वात असेन किंवा नसेन, तेव्हा त्या शरीराचा दुसऱ्यांनी उपयोग करून घ्यावा अशी माझी इच्छा आहे. माझ्या संपत्तीचा पहिला वाटा माझे शरीर गोठवण्याकरता खर्चला जाईल.”

## संदर्भ

N. Mitchison, The Conquered, London: Jonathan Cape, 1923. (Noami Mitchison is J. B. S.Halden's sister)

N. Mitchison, The Bull and Calves, London: Jonathan Cape, 1947.

Haldane L. K., Friends and Kindred, London: Faber and Faber Ltd., 1961 (The reminiscences of J. B. S. Haldane's mother, Louisa Kathleen Halden).

Haldane J. B. S., An Autobiography in brief, Bombay: Illustrated Weekly of India, 1961.

Science Reporter, New Delhi: Publication and Information Directorate (now renamed as National Institute of Science Communication), 2, 1965 (a special Haldane numbur containing articles on his life and work).

N. W. Pirie, in Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, London, 12, 1966.

Dronamraju K. R. (Ed.), Haldane and Modern Biology, Baltimore: John Hopkins University Press, 1968.

Ronald W. Clark, J. B. S. The Life and Work of J. B. S. Haldane, New York: Hodder and Stoughton Ltd., 1968.

Wright S., Haldane's contribution to Population and Evolutionary Genetics, Proc. XII Intern., Genet., 3:445-451, 1969.

Dronamraju K. R., Haldane: The Life and Work of J. B. S. Haldane with special reference to India, Aberdeen : Aberdeen University Press-Pergmon Press, 1985.

Dronamraju K. R. (Ed.) Selected Genetic Papers of J. B. S. Haldane, New York : Garland Publishing, Inc, 1990.

J. B. S. Haldane : A Tribute, Calcutta : Indian Statistical Institute, 1992.

### सुबोध महंती

## प्रास्ताविक

जे. बी. एस. हाल्डेनच्या दर्जाचे विज्ञानप्रसारक थोडेच असतात. बरेचसे वैज्ञानिक विद्वत्तापूर्ण असे संशोधन लेख लिहितात. त्या लेखांच्या तांत्रिक भाषेमुळे ते लेख सामान्य लोकांना समजत नाहीत. सर्वसामान्यांना समजेल अशा प्रकारे विज्ञानावर लिखाण करण्यात फारच थोडे लेखक यशस्वी झाले आहेत. यात नवल वाटण्यासारखे काही नाही. हाल्डेन स्वतः अतिशय हुषार वैज्ञानिक होते आणि शिवाय एक श्रेष्ठ दर्जाचे विज्ञान लेखकही होते. जीवशास्त्र, जीवरसायनशास्त्र, आनुवंशिकी यात ते अग्रेसर होते. डार्विनच्या 'निसर्गाची निवड' संबंधीच्या सिद्धांताला हाल्डेननी गणिताची बैठक घायाला मदत केली. ते स्वतः मार्क्सिस्ट होते. ब्रिटनमधल्या कम्युनिस्ट पक्षाचे मुखपत्र 'डेली वर्कर' या वृत्तपत्राच्या संपादकीय मंडळाचे ते अध्यक्ष होते आणि कामगार वाचकांसाठी त्यांनी विज्ञान या विषयावर ३०० सुरेख लेख लिहिले. आपल्या व्यवसायाच्या मुळाशी असलेले विज्ञान आणि तंत्रज्ञान प्रत्येक कामगाराने व कारागिराने समजावून घेतले पाहिजे, त्यामुळे त्यांना आपले काम अधिक सुरस वाटेल असे त्यांना कळकळीने वाटे. त्यांचे विविध विषयांवरचे लेख संकलित करून 'एक्हरीथिंग हॅज अ हिस्टरी', 'सायन्स इन एक्हरीडे लाइफ' अशी पुस्तके काढली गेली. त्यांचे 'ऑन बिइंग द राइट साइड' हे पुस्तक सर्वांना समजेल अशा विज्ञान साहित्याचा आदर्श नमुना आहे.

सर्वसामान्य कामगारांविषयी त्यांना फार आदर होता. कोळशाच्या खाणीतून कोळसा खणताना अश्लील अवशेष कसे शोधावेत याचे प्रशिक्षण त्यांनी कामगारांना दिले. असे अवशेष मिळवण्याकरता तेच सर्वात योग्य लोक होते. कोणत्याही खाणकामगाराने अवशेष शोधला की त्याला हाल्डेनकडून दहा पौंड बक्षीस मिळे. सामान्य खाणकामगारांनी खणून काढलेल्या अवशेषांचे लवकरच एक संग्रहालय झाले.

अरविंद गुप्ता

## मला जीवाश्म<sup>१</sup> हवेत



प्रत्येक गोष्टीला इतिहास असतो

जे. बी. एस. हाल्डेन

जे. बी. एस. हाल्डेन हे 'द डेली वर्कर' या वृत्तपत्राच्या संपादकीय मंडळावर होते. आत्मसन्मान वाटणाऱ्या प्रत्येक कामगाराने आपल्या कामाचे स्वरूप आणि त्यामागची वैज्ञानिक तत्त्वे समजावून घेतली पाहिजेत असे ते म्हणत असत. आणि म्हणून कामगारांकरता हे लेख त्यांनी लिहिले. त्या लेखांची शैली सरळ व सोपी आहे आणि त्यातल्या संकल्पना सुबोध झाल्या आहेत.

सामान्य कामगारांना विज्ञानकार्याला हातभार लावणं दिवसेंदिवस कठीण होत चाललंय.

फॅरडेसारख्या थोर शास्त्रज्ञाने पुस्तक बांधणाऱ्याच्या हाताखाली कामाला सुरुवात केली, आणि तिथून तो थेट संशोधन क्षेत्रात जाऊन पोहोचला. आजच्या काळात हे सहज जमण्यासारखं नाही. विज्ञान कार्यातले एक काम मात्र असे आहे की ते केवळ खाणकामगारांना जमू शकेल. ते म्हणजे कोळशाच्या खाणीतले जीवाश्म शोधणे. ह्या लेखात खाण कामगारांना मी ते काम करण्याचे आवाहन करणार आहे. हे काम केल्याने कामगार विज्ञानकार्यात योगदान करतील आणि शिवाय पैसेही कमावू शकतील.

दलदलीत वाढलेल्या वनस्पतींचे अवशेष कोळशाच्या खाणीत<sup>२</sup> सापडतात हे आपल्याला माहीतच आहे. पण कोळसा ज्या स्तरात असतो त्या स्तरात हाडे किंवा शिंपल्यांसारखी कवचे फारशी आढळत नाहीत. कारण कुजणाऱ्या वनस्पतींमधून जी आम्ले बाहेर पडतात त्यामुळे प्राण्यांचे अवशेष नष्ट झालेले असतात. पण नव्याने तयार झालेला कोळसा हा बहुतेकवेळा चिखलाच्या किंवा वाळूच्या खाली दबलेला होता. तो चिखल आणि वाळू वाळून घट्ट होतात आणि त्याचे कोळशाच्या स्तरावर छपरासारखे आवरण बनते. दगडांच्या ह्या थरात काही वेळा जीवाश्म मिळतात.

कोळशाच्या खाणीत गोगलगायी किंवा कालवांसारख्या दिसणाऱ्या शिंपल्या मोठ्या प्रमाणावर आढळतात. तेथल्या दगडांचा काळ ठरवण्याकरता त्यांचा उपयोग होतो. ते अवशेष जरी मनोहर असले तरी विकत घ्यायला सहसा कुणी तयार होत नाही. पण तेच अवशेष जर पृष्ठवंशीय प्राण्यांचे असतील तर मात्र त्यांचे महत्त्व वाढते आणि

त्यांना चांगली किंमत येते. पृष्ठवंशीय प्राणी म्हणजे पाठीचा कणा असलेले प्राणी. मासे, बेडकांसारखे जलस्थलचर प्राणी, सरपटणारे प्राणी, पक्षी व सस्तन प्राणी हे सर्व पृष्ठवंशीय प्राणी आहेत. हाडे, दात, बहुतेक सर्व खवले हे अवशेष ह्या प्राण्यांपासूनच मिळतात.

आतापर्यंत कोळशाच्या खाणीतून दोनच प्रकारचे अवशेष मिळाले आहेत: माशांचे आणि उभयचर<sup>३</sup> प्राण्यांचे. ते मासे आजच्या माशांहून फारसे काही वेगळे नव्हते. उभयचर प्राणी बहुतांशी चार पायांचे होते, आजच्या सरड्यासारखे. त्यांतले काही फार मोठे होते. लहानात लहान होता सात ते आठ सेंटीमीटरचा आणि मोठ्यात मोठा होता सुमारे तीन मीटरचा. म्हणजे आज आपण पाहतो त्या मगरीएवढा. क्वचित उभयचराचा एखादा संपूर्ण सांगाडाही मिळालेला आहे. पण त्याहून अधिक प्रमाणात कवटी किंवा काही मणके मिळालेले आहेत. तरी बहुतेकवेळा फक्त एखादा खवला किंवा हाडाचे तुकडेच मिळालेले आहेत. उभयचरांच्या मानाने मासे अधिक आणि सहज सापडतात. जीवसृष्टीच्या उत्क्रांतीच्या अभ्यासकांना ह्या दोन्ही प्रकारच्या जीवाश्मांचे महत्त्व वाटते. मासे हे उभयचर प्राण्यांचे पूर्वज होते. कोळशांचे स्तर निर्माण होण्यापूर्वीच माशांना पाय येऊन हे उभयचर प्राणी उत्क्रांत झाले. हे घडले त्या काळाला डेव्होनियन युग म्हणतात. कोळशाच्या खाणीत सापडलेले उभयचर प्राणी दिसायला बेडूक किंवा सरडे यांच्यापेक्षा अधिक माशांसारखे दिसत होते. एवढेच नाही, तर खाणीतून सापडलेल्या काही माशांपासून उभयचर उत्क्रांत झाले असावेत असे त्यांच्याकडे पाहून वाटते, ते आजच्या माशांपेक्षा दिसायला वेगळे होते. अवशेषांचा सखोल अभ्यास केला तर त्या माशात काय स्थित्यंतर झाले आणि पहिले चार पायांचे प्राणी जन्माला आले ह्याविषयी आपल्याला काही शिकता येईल.

पक्षी, घोडा, कुत्रा, अशा विकसित झालेल्या प्राण्यांची हाडे कोळशांच्या स्तरात नाही का मिळू शकणार ? असं कुणी विचारेल तर ते 'अशक्य नाही' एवढेच म्हणता येईल. तसे अवशेष सापडले तर उत्क्रांतीचा जो क्रम आपण मानतो त्याला धक्का पोहोचेल. जीवशास्त्रज्ञांना आजवर मिळालेल्या अवशेषांवरून सस्तन प्राणी आणि पक्षी हे सरपटणाऱ्या प्राण्यांपासून उत्क्रांत झाले असावेत असाच निष्कर्ष निघतो. कोळशाचे स्तर तयार झाल्यानंतरच्या काळातल्या त्या प्राण्यांचे अवशेष दगडांच्या स्तरात गाडले गेले. अशा वेळी जर कोळशाच्या स्तरात विकसित प्राण्यांचे अवशेष मिळाले तर ते नवलाचे ठरेल आणि उत्क्रांतीच्या क्रमाविषयी संभ्रम निर्माण होईल.

ब्रिटिश लोकांना जीवशास्त्रीय उत्क्रांतीविषयी खूप रस वाटला तरी ब्रिटनमधल्या कोळशाच्या खाणीतून मिळालेल्या पृष्ठवंशीय प्राण्यांविषयी आज आपल्याला फारशी माहिती नाही. स्कॉटलंडमध्ये थोडे अवशेष मिळाले आहेत. इंग्लंडमध्ये मिळालेल्या

अवशेषांपैकी ९० टक्के अवशेष हे एकतर नॉर्थबरलँड येथल्या न्यूशॅम खाणीत मिळालेले आहेत किंवा उत्तर स्ट्रॅफोर्डशायर येथील खाणक्षेत्राच्या दक्षिण टोकाला मिळालेले आहेत. न्यूशॅम खाण आता बंदच केली आहे. तिथले अवशेष गोळा करण्याचे काम मुख्यतः टी. अथ्ती यांनी केले. अथ्ती हे पेशाने वाणी होते. ते कामगारांकडून अवशेष विकत घेत व बदल्यात त्यांना उधार सामान देत असत. अशा प्रकारे जमा केलेले अवशेष विकून त्यांना निश्चित फायदा झाला असणार. नष्ट झालेल्या किंवा अशमीभूत झालेल्या प्राण्यांचा व वनस्पतींचा अभ्यास करणारे शास्त्रज्ञ किंवा पुराणवस्तू संग्रहालये त्या गोष्टी विकत घेत असत. स्ट्रॅफोर्डशायरमध्ये जे. वॉर्ड हे गृहस्थ स्वतःच अवशेष जमवत शिवाय खाणीत काम करणाऱ्यांकडून काही विकत घेत. अथ्ती आणि वॉर्ड हे दोघे १९ व्या शतकात होऊन गेले. सुमारे ३० वर्षे त्यांनी अशमीभूत अवशेष गोळा केले. विसाव्या शतकात मात्र थोड्या माशांच्या हाडांखेरीज काही मिळालेले नाही.

याचे कारण काय असावे ? कदाचित मागच्या शतकाच्या मानाने आता अवशेष गोळा करणारे उत्साही नवशिके कमी असावेत. तसं पाहिलं तर अवशेष गोळा करणे आणि त्यांची देखभाल करणे ह्या गोष्टी कौशल्याच्या आहेत. बहुतेक ठिकाणी नवशिक्यांना नवीन (आजपर्यंत न मिळालेले) अवशेष मिळणे मुश्किल असते. कोळशाच्या खाणीत मात्र तसे नाही. आज कोळशाच्या खाणीत काम करणारे कामगार हे त्यांच्या वाडवडिलांच्या मानाने अधिक शिकलेले आहेत. त्यांना अशमीभूत झालेले महत्त्वाचे अवशेष मिळण्याची शक्यता पूर्वीइतकीच आहे. त्यांनी कुठे शोधावेत हे अवशेष ? पुष्कळसे पृष्ठवंशीयांचे अवशेष हे डांबरी कोळशाच्या थरात आणि डांबरी कोळशासारख्या पण ठिसूळ दगडांच्या थरात सापडतात. अशा ठिसूळ थरात केव्हा केव्हा लोहमय दगडही असतात, त्यातही हे अवशेष मिळतात. कोळशाचे स्तर असलेल्या खाणीच्या छपरात असे अवशेष सापडण्याची दाट शक्यता असते. उत्तर स्ट्रॅफोर्डशायरच्या विस्तृत क्षेत्राच्या दक्षिण टोकाला तसे अवशेष मिळण्याची मोठी आशा आहे. एवढं म्हटलं तरी तिथे मिळणारे अवशेष आपल्याला आधीच माहीत असलेल्या नमुन्याचे असतील आणि इतर ठिकाणी मिळणारे अवशेष आतापर्यंत माहीत नसलेल्या प्राण्यांचे असू शकतील ही शक्यता नाकारता येत नाही.

अवशेष हे लहान पडद्यात मिळतात. समजा तळ्यातले मासे काळून गेले आणि त्यांचे सापळे मातीच्या खाली गाडले गेले तर अवशेष तयार होतात, पण अशा जागा थोड्या काळाकरताच उपयोगी असतात. एखाद्याने कोळशाची माहिती वाचली आणि शोधायला निघाला तर त्याला लगेच काही हाती लागण्याची शक्यता कमीच. पण दहा हजार कामगार कोळसा काढतांना जर अवशेषांचा वेध घेऊ लागले, तर त्यांतल्या दहा-बारा जणांना नक्कीच काही जीवाश्म मिळतील.

हा उपक्रम सुरू करण्याकरता, प्रथम मी अवशेषांच्या किंमती जाहीर करतो. पहिल्या माशाच्या अवशेषाकरता (मग तो संपूर्ण असो किंवा एक भाग असो) पाच पौंड आणि उभयचर प्राण्याच्या अवशेषाला (संपूर्ण किंवा एक भाग) दहा पौंड अशी मी किंमत देईन. मिळालेला अवशेष जर अधिक मूल्यवान असेल, आणि ब्रिटिश वस्तुसंग्रहालय किंवा इतर कुठल्याही वस्तुसंग्रहालयाने अधिक किंमत देऊ केली तर ती किंमत मी त्या खाणकामगाराला देऊ करेन. त्यापुढील मिळालेल्या अवशेषांनाही हाच नियम राहील. मात्र पाठवलेल्या प्रत्येक अवशेषावर तो कुठे मिळाला ह्याचा तपशील दिलेला असणे आवश्यक आहे. उदा. कोळशाच्या स्तराच्या छपरात, अमक्या खाणीपासून इतक्या अंतरावर, खाणीतल्या अमूक गुहेत वगैरे. अवशेष जर जमिनीवर आणून टाकलेल्या कोळशाच्या ढिगात मिळाला असेल, तर तो ढीग कोणत्या गुहेतून काढला त्या गुहेचे नाव देणे जरूर आहे. मिळालेला अवशेष कुठून मिळाला याची काही खूण मिळाल्यास ती सांगणे जरूर आहे. माझा पत्ता पुढीलप्रमाणे आहे:

प्रा. जे. बी. एस. हाल्डेन,  
एफ. आर. एस्., डिपार्टमेंट ऑफ बायोमिट्री,  
युनिव्हर्सिटी कॉलेज, गोवर स्ट्रीट,  
लंडन.

अश्मीभूत प्राणी किंवा अश्मीभूत वनस्पतींचा अभ्यास करणाऱ्या शास्त्रात मी काही खोल गेलेलो नाही, पण माझे काही तरुण मित्र अवशेषातले तज्ज्ञ आहेत ते मला मदत करू पहात असतात. हा प्रकल्प खरं तर त्यांनीच सुचवलेला आहे. 'कोल' मासिकाच्या संपादकांशी मी संपर्क साधला आणि अवशेषांचे पहिले नमुने सापडविणाऱ्यांची नावे प्रसिद्ध करा आणि त्यानंतरही जो कुणी महत्वाचे अवशेष शोधेल त्याचे नाव प्रसिद्ध करा असे त्यांना सुचवले. अर्थात कुणाला आपले नाव प्रसिद्ध करायचे नसेल तर गोष्ट वेगळी.

माशाचा खवला किंवा दात अश्मीभूत झाला असेल तर त्याची किंमत एक शिलिंग मिळेल. पण एखाद्या नवीन प्रकारच्या उभयचराचा संपूर्ण सांगाडा मिळाला तर त्याला तीनशे ते चारशे पौंडांपर्यंत किंमत येऊ शकते. असा अवशेष शोधणारा विज्ञानकार्याला मदत करतो आणि पैशांच्या स्वरूपातला मोबदला मिळवतो. याशिवाय त्याचे नाव अजरामर करण्याचीही शक्यता असते. त्या अवशेषाला त्याचे नाव देतात. एव्हन नावाच्या माणसाने समजा ऑर्थोसोरस या मगरीसारख्या प्राण्याची कवटी शोधली तर त्याला कदाचित 'ऑर्थोसोरस एव्हन्सी' असं नाव देण्यात येईल. त्याला दुसऱ्या कुणाचे नाव देण्याची इच्छा असेल तर तसेही करता येईल. उदाहरणार्थ, विल लॉथरचं 'लॉथरी', किंवा आर्थर हॉर्नरचं 'हॉर्नरी' वगैरे.

खाणकामगारांकडून नियमित विकत घेता येईल अशी योजना सुरू करण्याची माझी इच्छा आहे. इतर ठिकाणी ती यशस्वी झालेली आहे. इंग्लिश चॉक या दगडाच्या खाणीत मिळालेले बहुतेक सगळे अवशेष तिथल्या कामगारांनीच शोधले आणि ते वैज्ञानिकांना विकले. खाणक्षेत्रावर काम करणाऱ्या ज्यांना कुणाला थॉमस हेनरी हक्सले यांना अवशेषांच्यात रस आहे असे माहीत होते, त्यांनी मिळालेले अवशेष हक्सलेना विकले. त्यांनी उभयचर प्राण्यांचे पुष्कळ अश्मीभूत अवशेष जमवले होते. वैज्ञानिकात आणि कामगारात आज एक मोठी दरी निर्माण झालेली दिसते.

एखाद्या कामगाराला अश्मीभूत अवशेषांचे भांडार हाती लागण्याची शक्यता आहे. तो स्वतः त्यातला तज्ज्ञ होऊ शकतो. एकाच्या बाबतीत असं घडलंही आहे. डेव्हिस हा एक वेल्श होता, तो फोरमन म्हणून काम बघत होता. कोळशाच्या निरनिराळ्या स्तरांतून वनस्पतींचे अवशेष हुडकून काढणारा तो पहिला कामगार होता. वेगवेगळ्या ठिकाणी त्याच जातीच्या वनस्पती मिळत असल्या तरी सर्वत्र त्या सारख्याच प्रमाणात मिळत नाहीत, असे त्याने दाखवून दिले होते. म्हणजे काय ? तर एका कुरणाच्या गवतात एका जातीचे तण पुष्कळ सापडते, तर दुसऱ्या ठिकाणाच्या कुरणात ते अगदी थोड्या प्रमाणात मिळू शकते. डेव्हिसच्या कामाबद्दल वेल्स विद्यापीठाने त्याला मानद पदवी दिली ही एक आनंदाची गोष्ट आहे. कोळशांच्या स्तरात वनस्पतींचे अवशेष सहज मिळतात, मी ते विकत घेणार नाही. पण जर कीटकांचे अवशेष मिळाले तर जरूर घेईन.

खाणींचे राष्ट्रीयीकरण हे एक मोठे काम असले, तरी समाजवादाच्या मार्गावरचे ते केवळ एक पाऊल आहे. प्रत्येक उद्योगातील कामाच्या परिस्थितीची कामगारांना जाणीव झाली तर ते त्यावर नियंत्रण ठेवू शकतील आणि विशेषतः जेव्हा कामगार वर्गातून अभियंते, भूस्तरशास्त्रज्ञ किंवा डॉक्टर तयार होतील तेव्हा खऱ्या अर्थाने समाजवाद वास्तवात येणे शक्य होईल. भूस्तरशास्त्राच्या शिक्षणात दगडात मिळालेल्या अवशेषांचा अभ्यास आवश्यक असतो. त्या अवशेषांवरूनच ते वेगवेगळ्या दगडांचे वय ठरवतात. दगडांचे वय ठरवण्याकरता भूस्तरशास्त्रज्ञ सहजी मिळणाऱ्या सर्वसामान्य अवशेषांचा उपयोग करतात. तसे अवशेष बहुधा शिंपल्यातल्या प्राण्यांचे अवशेष असतात. पण जैविक उत्क्रांतीच्या अभ्यासकाला शिंपल्याचे अवशेष तितके उपयोगाचे वाटत नाहीत, त्यांना हाडांचे अवशेष हवे असतात. शिंपल्याकडे बघून त्या प्राण्याविषयी फार काही सांगता येत नाही. तेच हाडे तपासल्यास बरीच माहिती मिळवता येते. कोळशाच्या खाणीत सापडलेल्या काही उभयचरांचे पाय तुटले होते आणि ते ईल नावाच्या सापासारख्या दिसणाऱ्या माशासारखे दिसत होते. ईल पाण्याबाहेर येऊ शकत नाही, पण मिळालेल्या काहीना चांगले जबरदस्त पाय होते, त्यांना आपले पोट



जमिनीवरून उचलता येई (उत्क्रांतीच्या क्रमात एक महत्वाची पायरी). फ्रान्समधील काही कोळशाच्या खाणीत थोडे अवशेष मिळाले त्यांत एका जातीचे जे नमुने मिळाले त्यावरून पुढील अनुमान बांधले गेले. ते उभयचर जन्मल्यावर प्रथम बेडकाच्या पहिल्या अवस्थेत असत, म्हणजे त्यांना शेंपटी असे. जसे ते मोठे होत तसे त्यांना पाय फुटत. एखाद्या प्राण्याच्या दातांवरून तो कोणत्या प्रकारचे अन्न खात असे हे समजते. काही शिंपल्यांवरून जसे तज्ज्ञांना तो शिंपला ज्या दगडावर सापडला त्या दगडाचे वय बरोबर सांगता येते. पाठीचा कणा असलेल्या प्राण्याचे अवशेष हे मोठ्या कालखंडाचे निदर्शक असतात. तुम्ही मला जर मोत्यांचा शिंपला (ऑइस्टर) दाखवलात तर तो किती जुना आहे याची जराही कल्पना मला येणार नाही. ते प्राणी फारसे उत्क्रांतच झालेले नाहीत. जसे ते लाखो वर्षांपूर्वी होते तसेच ते राहिले आहेत. पण तुम्ही मला जर तीन सापळे दाखवलेत, तर हा मासा पुरातन तांबड्या वालुकामय दगडामधे होता, हा सरपटणारा प्राणी ज्युरासिक<sup>६</sup> काळातला आहे आणि हा सस्तन प्राणी ओसीन<sup>७</sup> काळातला आहे, असे मी सांगू शकेन. तेव्हा थोडक्यात म्हणजे भूस्तरशास्त्राचा अभ्यास करताना पृष्ठवंशीय प्राण्यांच्या अश्मीभूत अवशेषांचा अभ्यास हा जरीचा ठरतो. ह्या प्राण्यांचा विकाससुद्धा कण्याविरहित प्राण्यांइतकाच सावकाशीने झालेला दिसतो. खाणकामगारसुद्धा आपल्या कामाच्या ठिकाणचे अवशेष तपासून भूस्तरशास्त्र शिकू शकतात, अर्थात त्याकरता त्यांना अवशेष मिळाले पाहिजेत ! अशी स्वतःची प्रगती करून ते तमाम खाणकामगारवर्गाची ज्ञानाची पातळी उंचावतील. आणि एकदा त्या पातळीवर पोहोचले की ते खाणींचे पूर्ण व्यवस्थापन आपल्या हातात घेऊ शकतील.

पुष्कळजणांना वाटते की विज्ञान हे व्यवहाराच्या पातळीवरच असले पाहिजे आणि अवशेषांचा तपशिलात जाऊन अभ्यास करणे हे त्या दृष्टीने महत्वाचे नाही. ह्यात काही तथ्य नाही. एका विशिष्ट वर्गातल्या माणसांकरता विज्ञानाला व्यावहारिक दृष्टीने अतिशय महत्त्व आहे. उदाहरण घ्यायचे तर ब्रिटनमधले कोळशाचे क्षेत्र हे समुद्राच्या जवळ उघडले गेले, तेच फ्रान्समधील काही आणि झेकोस्लोवाकियामधील सर्वच कोळशाची क्षेत्रे ही तलावात आहेत म्हणजे समुद्रापासून दूर आहेत. स्वाभाविकच त्यात मिळणारे माशांचे अवशेष आणि शिंपले हे वेगळ्या प्रकारचे आहेत. त्यामुळे झेक कोळशाचे साठे आधी तयार झाले की ब्रिटनमधले, हे सांगणे महाकठीण आहे. पण एक कीटक एका कोळशाच्या खाणीतून दुसऱ्या खाणीत उडून जाणे शक्य होते. तेव्हा जर एकाच प्रकारचे कीटक दोन खाणीत मिळाले तर ते कोळशाचे स्तर एकाच कालखंडात तयार झाले असा निष्कर्ष काढता येईल. अशा प्रकारच्या कालखंड ठरवण्यामुळे आपल्याला प्राचीन काळी युरोपची रचना कशी होती हे कळते आणि नवी कोळशाची क्षेत्रे कुठे शोधावीत

याचे मार्गदर्शन होते.

पुष्कळशा कामगारांना ज्ञानासाठी ज्ञान मिळवायची इच्छा असणार अशी माझी खात्री आहे. १९३७ सालचा फायनल कप कुणी जिंकला हे कळणे जितके आवडीचे आहे तितकेच कोणत्या प्रकारचे मासे डायनाशियन<sup>८</sup> कालखंडात रहात होते हेही मजेदार आहे. अशा प्रकारच्या ज्ञानाला जे हसतात, ते आपल्या सहकाऱ्यांना आपल्यापुढे जाण्यापासून अडवतात असेच म्हणायला पाहिजे. कामगारांना ज्ञानदालनाचे दरवाजे बंद ठेवणाऱ्या लोकांच्या हातातले खेळणे बनण्याचा तो एक प्रकार आहे. तुमचं काम करत असताना अवशेष मिळतात का याचा शोध घेणे म्हणजे विज्ञानाच्या प्रगतीला हातभार लावणे, एवढेच नव्हे, तर तुम्ही थोडे पैसेही कमावू शकाल. असे करून तुम्ही तुमच्या व्यवसायाला प्रतिष्ठा देऊ शकता, आणि त्यायोगे आपल्या ब्रिटिश सामाजिक वर्गवारीला मोडून काढू शकाल.

## टीपा -

१. प्राणी किंवा वनस्पतींचे प्राचीन अवशेष. लक्षवधी वर्षे जमिनीखाली दबून गेलेले ते प्राणी किंवा वनस्पती अश्मीभूत होतात. खाणकाम किंवा कोणत्याही प्रकारचे उत्खनन करताना ते अश्मीभूत अवशेष सापडतात, त्यांना जीवाश्म असेही म्हणतात.

२. भूगर्भात दबून वनस्पतींचे कार्बनीकरण होते व त्यांचे दगडी कोळशात रूपांतर होते. त्यांचे स्तरचे स्तर भूगर्भात सापडतात. अशा ठिकाणी खणून कोळसा काढतात त्याला कोळशाची खाण म्हणतात. त्या स्तरांना कोल सीम, आणि असे अनेक स्तर एकाजवळ एक असतात त्या ठिकाणाला कोल मेझर म्हणतात. अशा स्तरांचे क्षेत्र विस्तृत असते तेव्हा त्याला कोल फील्ड म्हटले जाते.

३. उभयचर म्हणजे पाण्यात आणि जमिनीवर राहू शकणारे प्राणी. कासव, बेडूक वगैरेंचा यात समावेश होतो.

४. पौंड हे एक ब्रिटनमधले चालू नाणे आहे. सुमारे ७० रुपये (भारतीय) म्हणजे एक पौंड होतो.

५. शिलिंग हे आता अस्तित्वात नसलेले एक पूर्वीचे नाणे आहे.

६. ज्या कालखंडात प्रचंड आकाराचे डायनोसॉर वावरत होते त्याला ज्युरासिक कालखंड म्हणतात. त्या काळात पहिले पक्षी आणि सस्तन प्राणी हेही होते.

७. ओसीन नावाच्या कालखंडात सस्तन प्राण्यांची रेलचेल होती.

८. ज्या काळात कोळशाचे स्तर तयार झाले त्या कालखंडाला दिलेले डायनाशियन हे शास्त्रीय नाव आहे.



## मला अवशेष मिळतात

गेल्या महिन्यात कोल नावाच्या मासिकात मी एक लेख लिहिला होता. त्या लेखात, एका विशिष्ट प्रकारचे जीवाश्म मिळाल्यास पाठवून द्या, असे मी खाणकामगारांना आवाहन केले होते. त्याला प्रतिसाद मिळायला सुरुवात झाली आहे. मिळालेल्या अवशेषांबद्दल काही सांगण्यापूर्वी, कोणत्या प्रकारचे अवशेष मला हवे होते आणि का, हे मी सांगणार आहे.

दोन वेगवेगळ्या कारणांकरता अवशेष महत्वाचे ठरतात. त्या अवशेषांवरून त्या काळात कोणत्या प्रकारचे प्राणी आणि वनस्पती अस्तित्वात होत्या, आणि त्यांची उत्क्रांती कशी झाली याची आपल्याला कल्पना येते हे एक. दुसरे म्हणजे त्या अवशेषांवरून दगडांच्या स्तरांचे वय आपल्याला ठरवता येते. दोन स्तरांमध्ये जेव्हा एकाच प्रकारचे अवशेष मिळतात तेव्हा हे स्तर साधारण एकाच काळात तयार झालेले असतात. दगडांच्या घडामोडींच्या मानाने सजीवांची उत्क्रांती वेगाने घडून येते. पाच लाख वर्षात सजीवांच्यात घडलेले फरक, (फार महत्वाचे नसले तरी) स्पष्ट दिसू शकतात, तर दगडांचा साधारण ३४० मीटर स्तर तयार व्हायला १० लाख वर्षे लागतात, कधी त्याहूनही अधिक.

जुन्या नाण्यांचा अभ्यासक त्या नाण्यांचा उपयोग करून धातुशास्त्राचा विकास आणि न्हास यांचा आणि कारागिरीचा अभ्यास करतो किंवा कालनिश्चितीकरताही त्या नाण्यांचा उपयोग करून घेतो. सॉमरसेट प्रांतातल्या 'वूकी होल' या गुहेत काही नाणी मिळाली. ही नाणी रोमच्या वेगवेगळ्या १७ राजांच्या काळात पाडलेली होती. त्या

सर्वांचा काळ इसवी सनाच्या सुमारे ६० ते ३९२ या वर्षात होता. तेव्हापासून अगदी अलीकडच्या काळापर्यंत मात्र त्या भागात काही मिळाले नाही. याचा अर्थ असा होतो की, त्या प्रदेशात इ. स. ४०० पर्यंत लोक रहात होते. कदाचित रोमचे सैन्य मागे परतत असताना लोकांना जो त्रास झाला त्यामुळे निर्वासित झालेले लोक तिथे वस्ती करून असतील. पण सॅक्सन किंवा मध्ययुगीन काळात त्या प्रदेशात तिथे वस्ती नव्हती.

माझे दोन मित्र पुराजीवविज्ञानाचे अभ्यासक आहेत त्यांच्याकरता कोळशांच्या स्तरातले काही अवशेष मिळवण्याच्या प्रयत्नात मी आहे. त्यांना कालनिश्चितीकरता अवशेष नको आहेत, त्यांना त्या अवशेषांचा अभ्यास करायचा आहे. काल ठरविण्याकरता सर्वसामान्यपणे मिळणाऱ्या अवशेषांचे निरीक्षण केले तरी पुरेसे असते. आणि असे सर्वसामान्यपणे मिळणारे अवशेष हे शिंपल्यातल्या प्राण्यांचे असतात. कोळशाच्या स्तरातले या प्रकारचे अवशेष सगळ्यांना परिचित असतात. त्यांचे आणखी एक महत्त्व असते, ते म्हणजे वेगवेगळ्या ठिकाणचे पण एका प्रकारचे कोळशाचे स्तर मिळवायला त्यांची मदत होते. वनस्पतींचे अशमीभूत अवशेषही सर्वांना माहित असतात. एक तर, तसले अवशेष विपुल प्रमाणावर मिळतात. कोळशांच्या स्तरात वनस्पतींचे अवशेष मिळणं हे स्वाभाविकच आहे. दुसरे म्हणजे कोळसा कसा तयार झाला यावर ते अवशेष प्रकाश टाकतात. आणि त्याच कारणाने त्यांचा अभ्यास होत असतो.

पण माझ्या मित्रांना मासे आणि उभयचरांचे दात किंवा हाडे असे अवशेष हवे आहेत. त्यांच्यावरून त्या प्रकारच्या प्राण्यांची बरीच माहिती कळू शकते. त्या दृष्टीने कालवांसारखे शिंपल्यात रहाणारे प्राणी कुचकामाचे ठरतात. माशांचे किंवा उभयचरांचे अवशेष विकत घ्यायला मी तयार आहे, मात्र ते अवशेष कुठे मिळाले हे स्पष्ट नमूद केलेले असले पाहिजे. काही महत्वाचे अवशेष मिळाले तर त्यानुसार आणखी शोध घेता येईल.

माझ्याकडे आलेली पहिली पार्सले ही केवळ वनस्पतींच्या अवशेषांनी भरलेली होती. त्यात थोडे काही शिंपल्यातले प्राणी होते. अजूनपर्यंत हाडाचा एकही अवशेष माझ्याकडे आलेला नाही. खेकड्यासारखा दिसणारा एक मोहक प्राणी मिळाला आहे. एखाद्या मोठ्या आकाराचा लाकूड पोखरणारा किडा असावा तसा तो दिसतो. विंचू किंवा कोळ्यांशी त्याचे नाते आहे. हा अवशेष मी एखाद्या संग्रहालयाला जरूर विकेन आणि त्याची जी किंमत येईल ती मी तो अवशेष पाठवणाऱ्याकडे पोहोचती करेन. पण त्याला एका पौंडाहून अधिक किंमत येईल असे वाटत नाही.

ज्यांनी अवशेष पाठविले आहेत त्यांच्यापैकी एकाला त्यांच्यासंबंधी काही माहिती असावी असे दिसते, त्याला महत्वाचा अवशेष मिळू शकेल. कालवांना (इंग्रजीत) शिंपल्यातले मासे म्हणत असले तरी कालवांच्या शिंपल्याला मी पैसे देत नाही त्यामुळे

मी फसवाफसवी करतो असे कुणाला वाटण्याची शक्यता आहे.

मला काय हवे आहे हे शक्यतोवर स्पष्ट करण्याचा प्रयत्न मी केला होता. तो पूर्णपणे यशस्वी झालेला दिसत नाही. अवशेष पाठवणाऱ्यांपैकी कुणाला झाडाची साल म्हणजे माशांचे खवले वाटले असावेत. ती त्यांची चूक नाही. एकतर शाळेत पुराजीवविज्ञान शिकवत नाहीत, आणि दुसरी दुर्दैवाची गोष्ट म्हणजे शिकल्यासवरल्या व्यक्तींनाही त्या विषयातली काही माहिती नसते. ह्याच कारण म्हणजे आपली शिक्षणपद्धती पूर्णपणे विज्ञानपूर्व काळातली आहे. बिचाऱ्या विद्यार्थ्यांना काय शिकावे लागते ? दुसऱ्या एडवर्डने कुणाशी लग्न केले आणि त्याचा परिणाम म्हणून तिसऱ्या एडवर्डला फ्रान्सवर आक्रमण करायला कसे कारण मिळाले वगैरे. पाच कोटी वर्षांपूर्वी आपले पूर्वज कसे दिसत असतील याची त्यांना पुसटशी देखील कल्पना नसते. मानववंशाचा काय वारसा आपल्याला मिळाला आहे हे आज आपल्याला खात्रीने सांगता येत नाही. एडवर्डच्या मातापित्यांचे खासगी आयुष्य कसे होते याची जी माहिती मिळते त्यावरून तिसऱ्या एडवर्डला काय वारसा मिळाला याविषयी जेवढ्या खात्रीने सांगता येते त्यापेक्षा मानववंशाचा वारसा अधिक विश्वासाह आहे.

मी स्वतः शिक्षणमंत्री झालो तरी शाळेत पुराजीवविज्ञान हा विषय शिकवणे शक्य होणार नाही. त्या विषयाची काही माहिती नसतानाही एखादा माणूस विज्ञान शिक्षक होऊ शकतो. पण यापुढील शिक्षकांना या शास्त्राची ओळख असली पाहिजे एवढी तरी मी तजवीज करेन. मग जुडा आणि इस्रायलच्या राजांविषयीचे धडे शिकायला वेळ पुरला नाही तरी हरकत नाही. अभियंत्यांना जसे पदार्थविज्ञान आणि रसायनशास्त्र यांचे ज्ञान असले पाहिजे तसेच खाणीत, विशेषतः कोळशाच्या खाणीत, काम करणाऱ्यांना पुराजीवविज्ञानाची ओळख असणे अगत्याचे आहे. पशू पाळणाऱ्यांनी जीवशास्त्राचा थोडा अभ्यास केला पाहिजे, दर्यावर्दी लोकांना हवामानशास्त्राचा परिचय असणे जरूर आहे. केवळ उपयोगी पडेल म्हणून ते शिकायचे नाही, तर आपण काय काम करतो ते समजून घेणे महत्वाचे आहे. माहीत असल्याशिवाय काम करणे म्हणजे केवळ हुकुमाचा ताबेदार होण्यासारखे आहे.

अशा प्रकारच्या ज्ञानापासून कामगारांना वंचित ठेवण्याची काही भक्कम कारणे आहेत. कामगारांना आपल्या कामाबद्दल ज्ञान झाले तर लड्डू पगार मिळवणाऱ्या जाणकारांच्या रांगेत ते जाऊन बसतील हे एक कारण आहे आणि दुसरे म्हणजे त्या विषयाची सखोल जाण आली तर त्यामागचे अर्थकारणही त्यांना कळू शकेल. कामगारांचे असे ज्ञान भांडवलशाहीला स्वस्थ राहू देणार नाही. खाण उद्योग संपूर्णपणे ताब्यात घेण्याकरता जेवढे जरूर आहे तेवढे कामगारांनी शिकावे असे मला वाटते. त्याकरता आधी अर्थशास्त्र शिकावे लागेल, आणि त्यानंतर पुराजीवविज्ञान.



## पृथ्वीचे परिवलन

खगोलशास्त्रीय सिद्धांतांविषयी जी लेखमाला मी लिहिणार आहे त्यातला हा पहिला लेख आहे. पृथ्वी सूर्याभोवती प्रदक्षिणा घालते, आपल्या जवळच्या ताऱ्यांचा प्रकाश पृथ्वीवर पोहोचायला कित्येक वर्षे लागतात वगैरे आपण शाळेत शिकत असतो. पण शाळेत शिकवली म्हणून प्रत्येक गोष्ट आपण जशीच्या तशी मानता कामा नये. शिकवलेली विधाने कोणत्या निरीक्षणांवर किंवा वस्तुस्थितीवर आधारलेली आहेत हे जाणून घेतले पाहिजे. संधी मिळाली तर त्या विधानांची सत्यता पडताळून पाहिली पाहिजे. असे न केल्यास वारंवार ऐकलेल्या कोणत्याही गोष्टीवर विश्वास ठेवायची आपल्याला एक वाईट सवय लागून जाईल.

पृथ्वी गोल आहे याकरता कोणते आधार घेतले जातात त्यात मी शिरणार नाही. पृथ्वीची गोलाई गृहित धरून नकाशे काढले जातात आणि ते नकाशे अचूक मार्गदर्शन करतात, एवढेच पृथ्वी गोल आहे असे मानायला पुरेसे आहे. पृथ्वी सपाट असती ना, तर जागतिक राजकारणावर मोठाच परिणाम झाला असता. सपाट पृथ्वीवर नवनवीन प्रदेश सापडू शकले असते आणि महत्वाकांक्षी राजकारण्यांनी आपल्या शेजाऱ्यांच्या प्रदेशावर आक्रमण करण्याऐवजी त्या नव्या प्रदेशांना आपल्या राज्याला जोडून घेतले असते. पण पृथ्वी एका दिवसात स्वतःभोवती गिरकी घेते किंवा ती तशी फिरली नाही तर काय होईल या काही सहज स्पष्ट होणाऱ्या गोष्टी नव्हेत. आत्ता आत्तापर्यंत लोकांची काय समजूत होती ? सूर्य, चंद्र, तारे हे पृथ्वीला दिवसातून एक प्रदक्षिणा घालतात, तसेच आकाशाची एक पक्की कमान (फर्मामेंट) असून तिला तारे चिकटून बसलेले असतात. बायबलच्या वर्गात मुलं आकाशाच्या त्या कमानाबद्दल शिकतात आणि

विज्ञानाच्या तासाला 'ते तसं नाही', असे शिकतात. अपकेंद्री बल हे आकाशाच्या कमानीवर फार ताण आणेल, पण कोण जाणे, आकाशाची तशी कमानी असती तर कदाचित तसा ताण तिला सहन झालाही असता. तारे पृथ्वीला प्रदक्षिणा घालत नसून पृथ्वीच प्रदक्षिणा घालत असते असे विधान जेव्हा कोपर्निकसने केले ते त्या वेळच्या समाज व धर्मसंस्था यांच्या समजुतीच्या विरुद्ध होते. निरीक्षणे व गणित यांच्या आधाराने केलेली आपली विधाने मांडण्याकरता त्याला युक्तिवाद करावा लागला. तो म्हणाला, पृथ्वी ताऱ्यांभोवती फिरते असे मानले तर खगोलशास्त्र समजायला सोपे जाते.

पृथ्वीच्या परिवलनाला पृष्ठी देणाऱ्या अशा भरभक्कम दोन घटना दिसून आल्या. एक म्हणजे लंबकाची घड्याळे विषुववृत्तीय प्रदेशात सावकाश चालतात. आणि दुसरे म्हणजे दोन रेखांशातले विषुववृत्तावरील अंतर जसे ध्रुवाकडे जावे तसे कमी कमी होत जाते. केंद्रापासूनचे अधिक अंतर व केंद्रापासारी शक्ती या दोन्ही गोष्टी मिळून गुरुत्वाकर्षणाचा जोर कमी करतात. आणि त्याचाच परिणाम म्हणून त्या प्रदेशात लंबकाची घड्याळे सावकाश चालतात. आकाशाच्या फिरत्या कमानीवरही असा काही परिणाम होऊ शकेल, पण पृथ्वी दिवसातून एकदा स्वतःभोवती फिरते एवढ्याच घटनेच्या आधाराने तो परिणाम मोजणे हे विचित्र ठरेल.

वाऱ्यांच्या अभ्यासातून एक सबळ पुरावा मिळाला आहे. पृथ्वीच्या परिवलनामुळे उत्तर ध्रुवाकडून दूर सरकणाऱ्या हवेला गती असत नाही. पश्चिमेकडून पूर्वेकडे परिवलन करत असताना पृथ्वी त्या दक्षिणेकडे जाऊ पहाणाऱ्या वाऱ्यांना मागे टाकते. त्यामुळे ते वारे इशान्य वारे बनतात. म्हणजे ते वारे उजवीकडे वळतात. उत्तर ध्रुवाकडून येणारी थंड हवा उत्तर गोलार्धात उजवीकडे वळते व पसरते. ह्या सर्वांचा परिणाम काय होतो ? उत्तर गोलार्धात ध्रुवाकडून येणारी (केंद्रापासून बाहेरच्या दिशेने वाहणारी) थंड हवा उजवीकडे वळून सव्य (घड्याळाच्या काट्यांसारखी) दिशेने वाहू लागते. आणि केंद्राच्या दिशेने वहाणारी गरम हवा आपली दिशा बदलून घड्याळाच्या विरुद्ध दिशेने वाहू लागते. दक्षिण गोलार्धात बरोबर ह्याच्या विरुद्ध घडते. समुद्री प्रवाह आणि हिमथरही असेच वळतात. आर्क्टिक समुद्रातले उत्तरी वारे समुद्रावरच्या हिमथरांना नैर्ऋत्येच्या दिशेने घेऊन जातात. पृथ्वीच्या परिवलनाचा सर्वात नाट्यपूर्ण पुरावा फूकॉल याने १०० वर्षांपूर्वी केलेल्या प्रयोगातून मिळतो. पॅरिसमधल्या पॅन्थॉन या स्मारकाच्या घुमटात त्याने एक अति लांब लंबक टांगला. हा लंबक म्हणजे दोरीच्या टोकाला बांधलेले एक वजन होते. ह्या लंबकाला झोका देऊन सोडून दिला. काय होईल ? हा लंबक शक्य होईल तेवढा एकाच प्रतलातून झोके घेत राहील, नाहीतर निदान तो समांतर प्रतलांच्या मालिकेतून फिरत राहील. ह्या सारासार बुद्धीने केलेल्या अंदाजाला पदार्थविज्ञानातील तत्त्वाचाही पाठिंबा मिळतो. आता प्रश्न असा की, हे प्रतल पृथ्वीच्या सापेक्षतेने ठरते

की स्थिर ताऱ्यांच्या सापेक्षतेने ? (हा प्रयोग लंडनमधल्या विज्ञान संग्रहालयात कोणत्याही दिवशी पुन्हा पुन्हा पहाता येतो.) तो प्रयोग जेव्हा संपतो तेव्हा झोक्याचे प्रतल पॅन्थॉन स्मारकाच्या सापेक्षतेने फिरते पण तेच ताऱ्यांच्या सापेक्षतेने मात्र ते स्थिर असते.

ते अचूक असणार नाही पण सूर्य घड्याळासारखा त्या लंबकाचा उपयोग करता येईल. गायरो कॉप्सही त्याच तत्त्वावर चालतो, पण तो अचूक असतो. त्यामागचे तत्त्व कोणते ? परिवलन करणाऱ्या म्हणजे स्वतःभोवती गरगर फिरणाऱ्या वस्तूला तसेच फिरत ठेवले तर तिच्या आसाचे टोक सतत एकाच दिशेकडे राहील. विमानांच्या बाबतीत हे फार उपयोगी ठरते. १८५१ सालापूर्वी लंबकाचा हा प्रयोग कुणी केला नव्हता ही एक नवलाची गोष्ट आहे. घर्षणामुळे जो काय बदल होतो तेवढ्याकरता करावे लागणारे गणित सोडले तर ह्यात गणित येत नाही. प्रयोगाकरता काय लागते तर फक्त एक उंच इमारत. ह्या इमारतीत खेळता वारा नसला म्हणजे लंबक काही तास फिरत राहू शकेल.

आता ह्यापेक्षा अवघड प्रयोग सांगतो. बिजागरीने जोडलेल्या दोन दांड्यांच्या टोकांना दोरीने किंवा तारेने दोन धातूची वजने बांधली. ती रचना टांगून ठेवली. प्रथम वजने एकमेकांपेक्षा सर्वात दूर जातील अशा रीतीने दांडे बांधून ठेवले. मग जेव्हा बांधलेला दोरा कापला तेव्हा दांडे खाली आले आणि उभे टांगल्यासारखे पडले. एवढेच नाही, तर ती टांगलेली वस्तू पृथ्वीप्रमाणे पश्चिम-पूर्व दिशेने फिरू लागली. म्हणजे सूर्याच्या गतीच्या विरुद्ध दिशेने ! कोनीय संवेग किंवा परिवलन (स्वतःभोवती फिरण्याची घटना) टिकून राहिल्याने हे घडते. ही रचना पृथ्वीप्रमाणे दिवसात एक परिवलन पूर्ण करते. जेव्हा वजने लोंबकळली तेव्हा परिवलनाची गती तशीच राहिली. पण ही सर्वच रचना आपल्या आसाजवळ केंद्रित झाली असल्याने तिच्यावर जडत्वाचा परिणाम कमी होतो आणि ती वेगाने फिरते. उड्डाणचक्रामागे जे तत्त्व तेच इथे आहे. आसापासून वस्तुमान दूर असणाऱ्या आणि विशिष्ट गतीने फेऱ्या मारणाऱ्या उड्डाणचक्राचे परिवलन हे आसाजवळ वस्तुमान असणाऱ्या उड्डाणचक्रापेक्षा अधिक असते. त्या चाकाला थांबवणे किंवा चालना देणे ह्या दोन्ही गोष्टी तितक्याच अवघड असतात.

ब्लॅकेटने मांडलेला एक नियम आहे, त्यानुसार सर्व फिरणाऱ्या वस्तू चुंबक असतात आणि त्यांना कशामुळे शक्ती मिळते हे त्याने सांगितले. हा त्याचा अंदाज जर खरा असेल तर पृथ्वीचे चुंबकत्व हा तिच्या परिवलनाचा एक पुरावा ठरेल.

समजा आपण गुहांमधून रहात असतो आणि सूर्य, चंद्र, तारे कधीही बघितले नसते, पण इतर आवश्यक निरीक्षणे मात्र केली असती, त्या वेळी पृथ्वीच्या परिवलनाबाबत गृहिते धरली असती तर ती कशी असती ? आज बहुतेक वैज्ञानिक मानतात तशाच प्रकारची ती असती. त्याचे वैशिष्ट्य असे की, त्यासंबंधी कुणाला शंका आली तर तो निःसंकोचपणे तसे म्हणू शकला असता. आपण काही गैर करतो आहो

असा विचारसुद्धा येऊ न देता ! त्यापैकी काही गुहा जर समुद्राला मिळत असत्या, तर त्यामुळे भरती-ओहोटीची निरीक्षणे शक्य झाली असती, आणि तेथे रहाणाऱ्या काही मंडळींपैकी काही धाडसी विचारवंत आपापली अनुमाने काढू शकले असते. या पृथ्वीपलीकडे एखादी दुसरी जडवस्तू असेल असे अनुमानही त्यांनी बांधले असते. त्या वस्तूचे आकारमान किंवा अंतर मात्र ते तपासू शकले नसते. आत्तापर्यंत मी सांगितलेल्या आणि न सांगितलेल्या इतर काही वस्तुस्थितीविषयी स्पष्टीकरणे द्यायला काहीजण सरसावले असते. विशेषतः पृथ्वी स्थिर असून आकाशाची कमानच सतत फिरते आहे असे मानणारे काहीजण त्याचे स्पष्टीकरण देऊ लागले असते.

आणखी एक गोष्ट अशी आहे की, पृथ्वी स्वतःभोवती फिरते हे सिद्ध करायला पुरेशी होईल. ग्रहणांची वेळ आपण काही वर्षे आधीच सांगू शकतो. त्यात पाच सेकंदांहून अधिक चूक होत नाही. त्याच गणिताने आपणास पूर्वीच्या काळी केव्हा ग्रहणे लागली होती हेही सांगणे शक्य झाले असते. त्यांपैकी काही पूर्वी नमूद केलेली होती. त्यांच्यावरून पडताळून पाहिले तर दोन हजार वर्षांपूर्वी लागलेल्या ग्रहणांच्या अंदाजात आपली चूक काही तासांपर्यंत गेलेली आढळते. पृथ्वीचा आपल्या आसाभोवती फिरण्याचा वेग कमी होत आहे असे मानले तर तशी चूक का होते हे स्पष्ट होईल. लाख वर्षांनी आपला दिवस एक सेकंदाने मोठा होतो. भरती-ओहोटीमुळे जे घर्षण होते, ते पृथ्वीचा वेग कमी करायला कारणीभूत होते. आता कुणी म्हणेल की आकाशाच्या फिरत्या कमानीचा वेगही कमी होत असेल. पृथ्वीचे ज्ञात आकारमान, भरती-ओहोटीच्या प्रवाहांबद्दलच्या ज्ञात गोष्टी यांच्या आधाराने पृथ्वीचा कमी होत असलेल्या वेगाचा जो दर काढला आहे त्याच दराने जर कमानीचा वेग कमी होत असेल तर तो एक अजब योगायोग म्हणावा लागेल.

पृथ्वीच्या वेळी मी काय दाखवणार आहे ? तर पृथ्वी खरोखरच सूर्याभोवती प्रदक्षिणा घालते. खगोलशास्त्रीय घटना समजावून घेण्यासाठी केवळ तसे मानले जात नाही.



## पृथ्वी सूर्याला प्रदक्षिणा घालते

पृथ्वी एका ठराविक कक्षेतून सूर्याभोवती प्रदक्षिणा घालते. त्या कक्षेची लांबी सुमारे २० कोटी मैल असते. ते पार करायला तिला एक वर्ष लागते. या विधानांना काय आधार आहे हे सांगण्याचा मी इथे प्रयत्न करणार आहे. पृथ्वीच्या परिवलनाच्या बाबतीतचे पुरावे जितके सबळ होते तितके हे सबळ नाहीत. कारण रेषीय गती शोधणे परिवलनाइतके सोपे नाही.

रोज ठराविक वेळेला तुम्ही चंद्राकडे पाहिलंत तर तो सूर्याच्या तुलनेने मागे पडत जातो असे तुमच्या लक्षात येईल. ताऱ्यांच्या तुलनेत सूर्य रोज चार मिनिटे उशीर करतो. ग्रहही असेच थोड्याफार प्रमाणात मागे पडत जातात. आपण आपली घड्याळे सूर्यावरून लावतो. स्थिर ताऱ्यावरून लावत नाही. पण सूर्यापेक्षा तारेच अधिक अचूक कालमान दाखवतात. एका नक्षत्र-दिवसाची (साइडरियल डे) लांबी ही फारशी बदलत नाही. म्हणजे वर्षातल्या निरनिराळ्या दिवशी नक्षत्र-दिवसांची लांबी मोजली तर त्यात फारसा बदल आढळत नाही. सौर वर्षातल्या दिवसांची लांबी किती बदलते हे आपल्याला माहीत आहे.

केप्लर नावाच्या वैज्ञानिकाने या संबंधातले जे नियम शोधून काढले त्यांच्या आधारे वर सांगितलेल्या विधानांचे स्पष्टीकरण देता येते, घटनांचे अचूक मोजमाप काढता येते. पण पृथ्वी आणि ग्रह सूर्याभोवती आणि चंद्र पृथ्वीभोवती लंबवर्तुळाकार कक्षेतून प्रदक्षिणा घालतो असे जर आपण मानले तरच हे शक्य होते. केप्लरच्या सिद्धांतात दोन दुरुस्त्या कराव्या लागतील. ग्रहांच्या कक्षा पूर्ण लंबवर्तुळाकार असत नाहीत. त्यासंबंधी न्यूटनने शोधलेल्या नियमांप्रमाणे सूर्य जसा सर्व ग्रहांना खेचत असतो तसे आकाशात फिरणारे



इतर ग्रहही एकमेकांना आपल्याकडे खेचत असतात. न्यूटनच्या नियमात आइनस्टाइननेही किंचित दुरुस्ती केली. पृथ्वी स्थिर असून सूर्य तिच्याभोवती प्रदक्षिणा घालत असता तर आणि इतर ग्रह सूर्याभोवती प्रदक्षिणा घालत असते तरीही त्यांची गती आता आहे तशीच राहिली असती. हे समजावून घेण्याकरता साधे स्पष्टीकरण देता येत नाही.

वरील विधानाला न जुळणाऱ्या अनेक घटना दाखवता येतील. त्यांतील एका घटनेला 'विचलन' म्हणतात. समजा पाऊस पडतो आहे आणि त्याच्या धारा सरळ पडत आहेत, तुम्ही त्याच्यातून पळत गेलात तर त्या धारा तुमच्या बाजूला वळतील, म्हणजे तिरक्या होतील व तुमच्या पुढ्यात पडू लागतील. ताऱ्यांवरून येणाऱ्या प्रकाशाबाबतही असेच विचलन अनुभवाला येते. स्थिर तारे आपली दिशा वर्षातून एकदा बदलतात. अति दूरचे तारेही आपली दिशा बदलताना दिसतात. ह्या बदलण्याला विचलन म्हणतात. प्रकाशाचा वेग आणि पृथ्वीचा कक्षेत फिरण्याचा वेग यांच्या आधाराने हे विचलन मोजता येते. पृथ्वी जर कक्षेत फिरत नसती तर हे विचलन जाणणे अशक्य झाले असते.

विचलनाखेरीज आणखीही एक घटना अनुभवाला येते. त्याला ताऱ्यांचे भासमान अपसरण म्हणतात. आपल्या वर्षभराच्या फेरीत ते आपली जागा बदलतात असा भास होतो. त्यांच्या पलीकडे असलेल्या ताऱ्यांमुळे ते तसे भासते. ह्यावरून पृथ्वीच्या गतीच्या सिद्धांताला पुष्टी मिळते. पण तेवढ्यावरून ती गती आपल्याला मोजता येत नाही. या भासमान अपसरणाचे मोजमापन करून ते तारे किती दूर आहेत एवढेच शोधता येते. प्रकाशाचा आणखीही एक परिणाम आहे, तो पण तेच सांगतो. आपण प्रकाशाकडे सरकत असलो तर त्यातील वर्णपटातील एक किरणरेषा अधिक वक्र होते. आणि आपल्या जाण्याचा वेग प्रचंड असेल तर तो प्रकाश अधिक निळा दिसू लागतो. कारण एका सेकंदभरात जास्त तरंग आपल्यापर्यंत पोहोचतात. सकाळी ६ वाजता जे तारे दक्षिणेला दिसतात त्यांच्याकडे पृथ्वी सरकत असते आणि संध्याकाळी ६ वाजता दक्षिणेला जे तारे दिसतात त्यांच्यापासून ती दूर जात असते. आणि ज्या ताऱ्यापासून आपण दूर जातो त्याचा प्रकाश जेवढा निळा असतो त्याहून आपण ज्या ताऱ्याच्या जवळ सरकतो त्याचा प्रकाश अधिक निळा दिसतो.

निखळणारे तारे आणि उल्काही आपल्याला पृथ्वीच्या गतीचाच पुरावा देतात. दगड किंवा धातूचे तुकडे अवकाशातून हवेत पडतात, ते मागे सरकणाऱ्या वातावरणापेक्षा पुढे जाणाऱ्या वातावरणात अधिक प्रमाणात मिळतात. उल्कापात हे सुद्धा सूर्यास्तानंतरच्या वेळापेक्षा पहाटेपूर्वीच्या वेळात अधिक होतात, एवढेच नाही, तर ते अधिक वेगाने घडतात. सूर्य जर पृथ्वीभोवती फिरतो असे मानले तर ते कसे घडते हे समजणे मोठे कठीण होईल.

सूर्यमालेचे मोजमाप निरनिराळ्या पद्धतीने करतात. चंद्र पृथ्वीपासून किती दूर आहे

हे शोधणे सहज शक्य आहे. नक्षत्रांच्या पार्श्वभूमीवर एकाच वेळी इंग्लंड आणि दक्षिण आफ्रिका येथून काढलेल्या चंद्राच्या फोटोत तो सरकलेला लगेच दिसतो. आपण एका वस्तूकडे एकदा डाव्या डोळ्याने आणि एकदा उजव्या डोळ्याने पाहिले तर पार्श्वभूमीच्या तुलनेत वस्तूने आपली जागा बदलल्यासारखे दिसते, तसेच इथे होते. सूर्य किती दूर आहे हे शोधणे सहज शक्य होत नाही. शुक्र हा ग्रह कधी कधी पृथ्वी व सूर्य यांच्या मध्ये येतो आणि त्या वेळी तो एखाद्या काळ्या ठिपक्यासारखा दिसतो. शुक्राच्या प्रवासाला किती वेळ लागतो हे पृथ्वीवरच्या विविध ठिकाणांहून पाहून अठराव्या शतकात सूर्याचे अंतर बहुतांशी अचूक मोजले गेले. त्यानंतर सूर्याचे अंतर अधिक बारकाईने मोजण्यात आले. ते शुक्रापेक्षा लहान ग्रहांच्या निरीक्षणावरून मोजण्यात आले. दुर्बिणीशिवाय पहाणे अशक्य होतील असे ते ग्रह होते, आणि ते पृथ्वीच्या जितके जवळ येऊ शकत तितका शुक्र कधीच येऊ शकणार नाही.

अगदी बिनचूक नाही, पण ताऱ्यांच्या प्रकाशाचे विचलन आपल्याला आणखी एक परिमाण देते. गुरुभोवती त्याचे उपग्रह फिरत असतात. ते गुरुच्या अलीकडे असतात तेव्हा आपल्याला दिसतात आणि जेव्हा पलीकडे जातात तेव्हा अदृश्य होतात. या घटनेला एक ठराविक वेळ लागतो. पृथ्वी गुरुच्या जवळ आहे की दूर आहे यावर तो अवलंबून असतो. जेव्हा पृथ्वी गुरुच्या जवळ असते तेव्हा जेवढा वेळ लागतो त्यापेक्षा १६ मिनिटे अधिक वेळ पृथ्वी गुरुहून दूर गेलेली असते तेव्हा लागतो. ह्या सर्व घटना आपल्याला एकच गोष्ट सुचवतात. त्या सगळ्या घटना एकाच मुद्द्याकडे बोट दाखवतात म्हणूनच निरीक्षणपद्धती विश्वासाह्य होतात. स्थिर तारे किती दूर आहेत हे जेव्हा आपण शोधायला जातो तेव्हा त्यापैकी एकेका पद्धतीचाच उपयोग करता येतो.

आपल्याकडे अशाही काही पद्धती आहेत की त्यांच्यापासून आपल्याला काही बोध होत नाही. पृथ्वी एका वस्तूपासून किंवा एका वस्तूकडे काय वेगाने जाते हे शोधता येते, पण अवकाशात ती काय वेगाने फिरते हे शोधण्याचा प्रयत्न करूनही निश्चित उत्तर मिळत नाही. सापेक्षतावादाची उभारणी ह्याच्याच आधारावर झाली आहे. सापेक्षतावाद म्हणजे काय हे सोप्या भाषेत सांगायचे तर 'अवकाशाचे अस्तित्व हे जडवस्तूच्या अस्तित्वापेक्षा कमी सत्य आहे' (Space is less real than matter). तसेच आणखी एक गोष्ट, केवळ जागा (position), केवळ गती किंवा केवळ निश्चलता ह्या गोष्टी असूच शकत नाहीत, पण केवळ दिशा ही गोष्ट मात्र असते. बाह्य वस्तूंचा प्रभाव असला तरी त्याहून स्वतंत्रपणे आपल्याला वस्तूचे परिवर्तन समजू शकते.

सूर्यमालेचे निरीक्षण केले असता पृथ्वी हा एक सामान्य ग्रह आहे असे लक्षात येते. बुध, शुक्र किंवा मंगळ हे आकाराने लहान आहेत तर गुरू, शनी, युरेनस आणि नेपच्युन हे मोठ्या आकाराचे ग्रह आहेत. प्लुटोही ह्या मोठ्या ग्रहांतच मोडतो. चंद्रावरचे

पर्वत हे पृथ्वीवरच्या पर्वतांइतके उंच आहेत पण ते अधिक उभे आहेत. कारण त्यांना घर्षणाने झिजवायला तिथे पाऊस नाही. ह्या सर्व गोष्टी बुद्धीला पटण्यासारख्या आहेत. वस्तूचे गुणधर्म विश्वात कुठेही सारखेच असतात. कधी कधी आपले व्यवहारज्ञानच आपल्याला चकवते.

रडारच्या सहाय्याने पुढच्या काही वर्षांत अंतरे अचूकपणे मोजता येऊ शकतील. चंद्रावरून येणारे प्रतिध्वनी पकडण्यात यश आलेच आहे. आता त्याच्या जवळच्या पृष्ठभागाचे अंतर मोजणे शक्य होण्यात काही प्रत्यवाय नसेल. अशाच प्रकारचे प्रयोग मंगळ, शुक्र किंवा दुसरा एखादा छोटा ग्रह यांच्याबाबत करणे हे काही अशक्य नाही. हां, चंद्रावरच्या प्रयोगाइतके ते सोपे नसेल. सूर्यावरून इतके रेडिओ तरंग येत असतात की तेथून येणाऱ्या प्रतिध्वनींचे मोजमाप करणे अवघड होईल. पुढच्या वेळी सूर्यमालेच्या पलीकडील वस्तूंचा आकार व अंतर यासंबंधीचा विचार करून त्यातही कितपत तथ्य आहे हे तपासू.



## आपले शेजारी तारे

सेंटॉर या तारकापुंजातला एक तारा आपल्या सूर्यमालेचा सर्वांत जवळचा शेजारी आहे, असे आजच्या ज्ञात माहितीवरून म्हणता येईल. पण तो इतका दक्षिणेला आहे की इंग्लंडमधून मात्र कधीच दिसणार नाही. हा जवळचा तारा आपल्यापासून सव्वा पार्सेक इतका दूर आहे. खगोलशास्त्रज्ञ पार्सेकमध्ये अंतरे मोजतात. एक पार्सेक अंतर काटायला प्रकाशाला सव्वातीन वर्षे लागतात.

पृथ्वीची सूर्य प्रदक्षिणा चालू असताना एक पार्सेक अंतरावरच्या ताऱ्याची जागा बदलताना दिसते. हा बदल त्या ताऱ्याच्या मागे असलेल्या ताऱ्यांच्या तुलनेत एक सेकंदाच्या कोनाइतका असतो. म्हणजे एक अंश कोनाचा ३६०० वा भाग. दर सहा महिन्यांनी काढलेल्या फोटोतून ह्याहून कमी अंशांनी झालेला फरकही दिसून येतो. आपल्या जवळचे बहुतेक तारे त्यांच्या पार्श्वभूमीवरच्या ताऱ्यांच्या तुलनेत जागा बदलतात असे काही वर्षांत आढळते. पण हा परिणाम पृथ्वीच्या गतीमुळे होत नसून ताऱ्यांच्या स्वतःच्या गतीमुळे घडतो. आपल्याला त्या ताऱ्यांचे अंतर माहीत असले तर आपल्या दृष्टीच्या रेषेच्या काटकोनात किती वेगाने ते फिरतात हे काढता येते. दर सेकंदाला किती मैल असा हा वेग मोजतात. त्याची तुलना पृथ्वीच्या वेगाशी होऊ शकते (आपल्या कक्षेत पृथ्वी सेकंदाला १७ मैल वेगाने फिरते.)

आजकाल डॉप्लर इफेक्टच्या सहाय्यानेसुद्धा आपल्या दृष्टीच्या रेषेत त्या स्थिर भासणाऱ्या ताऱ्यांचा वेग किती आहे ते मोजतात. डॉप्लर पद्धत म्हणजे आपल्याकडे येणाऱ्या वस्तूच्या प्रकाशाच्या निळाईवरून आणि मागे जाणाऱ्या वस्तूच्या प्रकाशाच्या तांबडेपणावरून वेग मोजणे. दृष्टीच्या रेषेतला सरासरी वेग हा काटकोनातल्या सरासरी

वेगाहून किंचित कमी असतो. हे मोजमाप तर्काला पटण्यासारखे असते. सूर्यापासून पृथ्वीचे जितके अंतर आहे तितक्याच अंतरावर एखादा तारा असेल तर तो तारा किती प्रकाश देतो ह्याचे गणितही मांडता येते. काही तारे सूर्यापेक्षा अधिक तेजस्वी असतात आणि काही कमी असतात असे आपल्याला आढळते. रंग आणि इतर काही गुणवैशिष्ट्यांवरून ताऱ्यांचे वर्ग पाडता येतात. वर्णपटदर्शक (स्पेक्ट्रोस्कोप) यंत्रातून ताऱ्यांचे रंग व इतर गुणधर्म ठरवता येतात. काही ताऱ्यांचा वर्णपट हा अगदी सूर्यासारखा असतो. सूर्यासारख्या ज्या ताऱ्यांची अंतरे आपल्याला माहीत आहेत ते सर्व तारे सूर्याप्रमाणे आणि त्याच्याच प्रमाणात प्रकाश देत असतात.

अशा प्रकारे खगोलशास्त्रीय निरीक्षणात तथ्य असल्याचे आढळून येते. अवकाशातील स्वाभाविक मोठ्या वस्तूंपैकी सूर्य हा एक आहे. अशा सर्व वस्तूंच्या आधारे खगोलशास्त्रीय विधाने सिद्ध होत असतात, जसे काही त्या एकमेकींवर नियंत्रण ठेवत असतात. पण त्यामुळेच निसर्ग हा अधिक नैसर्गिक दिसू लागतो.

पुष्कळसे निष्कर्ष इतके अनपेक्षित आणि विचित्र वाटतात की त्यांची पाळेमुळे शोधून काढण्यात वैज्ञानिक दीर्घ काल गुंतून रहातात. आता ज्या गणितांनी आपल्याला असं दाखवून दिलं की, सूर्य हा एक अवकाशातल्या मोठ्या वस्तूसारखाच एक आहे तीच गणिते आपल्याला असंही दाखवून देतात की, सूर्यापेक्षाही प्रचंड तारे अवकाशात आहेत. त्या ताऱ्यांच्या पृष्ठभागावरील तापमान आपल्याला माहीत आहे. आणि त्यांच्या रंगावरून ते तारे दर चौरस मैलागणिक किती प्रकाश देत असतील हेही काढता येते. काही ताऱ्यांचा पृष्ठभाग सूर्याच्या पृष्ठभागाहून थंड आहे पण तरी दर मिनिटाला ते सूर्याच्या सहस्रपटीने अधिक प्रकाश बाहेर टाकत असतात. त्यावरून असा निष्कर्ष निघतो की हे तारे आकाराने इतके मोठे आहेत की पृथ्वीची कक्षा त्यांच्या आत सामावून जाईल.

असं जर असेल तर अशा ताऱ्यांचा व्यास मोजणंही शक्य व्हायला पाहिजे. हां, म्हणजे प्रत्यक्ष मोजता येणार नाही, पण व्यतीकरणाच्या (interference) आविष्कारावरून मोजता येते. हे व्यतीकरण अगदी लहान अंतरे मोजण्यासाठीही उपयोगी पडते. लहान म्हणजे किती ? तर सावणाच्या फुग्याची जाडी मोजायला व्यतीकरणाचा आधार घेतात. ओरायन या तारकापुंजातील बीटलगाँझ ह्या प्रचंड लाल ताऱ्याने पृथ्वीशी केलेला कोन मोजायला व्यतीकरणाचा उपयोग केला आणि अपेक्षित परिणाम मिळाले, त्यानंतर कित्येक मोठ्या ताऱ्यांचे व्यास या पद्धतीने मोजण्यात आले आहेत.

ताऱ्यांपैकी १/३ तारे हे बहुधा जोडगोळीसारखे असावेत. ते म्हणजे दोन सूर्यासारख्या वस्तू असतात. ते दोन सूर्य एकाच गुरुत्वमध्याभोवती लंबवर्तुळाकार कक्षेत फिरत असतात. ते तसेच फिरले पाहिजेत असा न्यूटनचा नियम सांगतो. वस्तुमान आणि

गुरुत्वाकर्षणाचे बल यांच्यातील संबंध आपल्याला माहीत आहे. सूर्यमालेतील ताऱ्यांत आहे तोच संबंध अतिदूरच्या ताऱ्यात असतो असे मानले, तर ज्यांचे अंतर माहीत आहे अशा ताऱ्यांचे वस्तुमान आपल्याला काढता येईल.

सूर्यासारखा रंग आणि वर्णपट असणाऱ्या ताऱ्यांचे वस्तुमान साधारण सूर्याच्या वस्तुमानाइतके होते हे समजले तेव्हा कुणाला आश्चर्य वाटले नाही. पण त्या प्रकारच्या एकूण एक ताऱ्यांचे वस्तुमान जवळजवळ सूर्याइतके असते हे समजले तेव्हा मात्र खगोलशास्त्रज्ञ चकित झाले. याबाबतचे एक मत ढोबळ आहे. काही थोडे तारे सूर्याहून दहापटीने मोठे असल्याचे आढळून येते. सूर्याहून शंभर पटींनी मोठा तारा अजून माहीत झालेला नाही. (आता सूर्याहून १०० पटींनी जड असा १ तारा माहीत झालाय.) वस्तूच्या वस्तुमानाच्या प्रमाणात त्याची दीप्ती वाढत असते. सूर्याहून दसपट मोठा तारा सूर्याच्या हजारपट अधिक प्रकाश देतो.

वस्तुमान आणि दीप्ती यांच्यातला संबंध पुष्कळसा एडिंग्टन यांनी समजावून दिला आहे. पण तो जरा किचकट असल्याने इथे देत नाही. सूर्यापेक्षा फार मोठे असलेले तारे फारसे आढळत नाहीत याचं कारण साधं आहे. फार मोठा तारा इतका प्रकाश बाहेर टाकेल की तो फुटूनच जाईल. कितीतरी तारे हे असे फुटलेले होते. प्लेइडिस सारखे तारकासमूह मोठा तारा फुटूनच तयार झाले असावेत. आकाराने लहान असलेल्या काही ताऱ्यांची घनता मात्र खूप अधिक असते. सूर्याच्या एक दशांशाहून कमी वस्तुमान असलेले असे कित्येक तारे असतील, पण ते इतका कमी प्रकाश बाहेर टाकत असतील की त्यामुळे ते अजून सापडलेले नसावेत.

ज्यांचे अंतर आणि वस्तुमान ज्ञात आहे अशा ताऱ्यांचे वस्तुमान आणि दीप्ती यामधील संबंध माहीत झाला तेव्हा तो सर्वसाधारण सगळ्या ताऱ्यांना लावला गेला. ताऱ्याची दीप्ती मोजून, त्याच्या रंग आणि वर्णपटाचे निरीक्षण करून त्याचे वस्तुमान आणि अंतर ढोबळ मानाने सांगता येते.

वस्तुमान आणि दीप्ती यांमधील संबंध प्रस्थापित होण्यापूर्वी एक दुसरी पद्धत वापरात होती. तारे बदलते असतात ह्याचे एक कारण म्हणजे त्यांच्याबरोबर फिरणारा तारा कधी त्यांना झाकून टाकतो, काही तारे नियमित स्पंदन करत असतात, म्हणजे ते नियमितपणे फुगतात आणि आकुंचन पावत असतात. आकारातील ह्या बदलांमुळे त्या ताऱ्यांना सेफिड चल म्हणतात. आकाशगंगेतल्या डेल्टा सेफिड ताऱ्यांवरून हे नाव दिले आहे. सेफिड कॉसियोपिया ह्या ताऱ्याहून तो दूर नाही. दक्षिणेच्या आकाशातील एका तारकापुंजाला मेगॅलनिक ढग म्हणतात. त्यात हे सेफिड चल मोठ्या प्रमाणावर दिसून येतात. मिस्र लीव्हिट यांनी या तारकापुंजाबद्दल काही संशोधन केले. त्या तारकापुंजातील समान आवृत्तीकाल असलेल्या सर्व ताऱ्यांची दीप्ती समान होती आणि

त्यांच्यातील दीप्ती आणि आवृत्तीकाल एकत्रितपणे सहज बदलतात असे त्यांना आढळून आले.

पृथ्वीजवळच्या काही ताऱ्यांचे अंतर मोजले तेव्हा तो एक सर्वसामान्य नियम आहे असे लक्षात आले. म्हणून कोणत्याही सेफिड चलाचा आवृत्तीकाल माहीत असला तर त्याचे अंतर मोजता येते. सर्व सेफिड चल तारे हे दीप्तीमान असतात त्यामुळेच आपल्याला त्यांचे अंतर मोजणे शक्य होते. भासमान अपसरणाच्या पद्धतीने अवघड जाते तेथे या पद्धतीचा उपयोग केल्यास आकाशगंगेचे आकारमानच काय पण त्या पलीकडच्या तारकासमूहाचे अंतर मोजणे शक्य होते.

या अशा अंतरे मोजण्याच्या पद्धतीतला मुख्य अडथळा म्हणजे अवकाशातली धूळ. ताऱ्यांच्या मधल्या अवकाशात पुष्कळ धूळ पसरलेली असते. आता पुष्कळ म्हणजे किती ? एका ताऱ्यावरून निघालेल्या प्रकाशाला धुळीचा एक ढग पार करण्याकरता हजारो वर्षे प्रवास करावा लागतो, त्यातच त्यातला अर्धा प्रकाश थांबून जातो. या संदर्भातली अंतरे (किंवा जागा) इतकी प्रचंड असतात की त्या धुळीच्या ढगात जमलेली वास्तवीय राशी (मॅटर) ही ताऱ्यांवर जमलेल्या राशीहून अधिक असणे शक्य आहे. ह्या धुळीचे संघटन होऊन सतत नवीन तारे निर्माण होत असण्याचीही शक्यता असते.

ताऱ्यांची अंतरे मोजण्याचे हे सगळे शोध आपल्याला एक सलग आणि सोपी कहाणी सांगतात. पण आपण जेव्हा ह्याहीपेक्षा मोठ्या अंतराचा विचार करतो तेव्हा खऱ्या अडचणी येऊ लागतात. ह्यानंतर मी त्यांच्याबद्दलच सांगणार आहे.



## भूतकाळात डोकावू या

आपल्या आसपासच्या अवकाशातील ताऱ्यांचे समूह दिसतात त्यांची घनता (density) सर्व बाजूंनी सारखी असते. आपल्याला दिसू शकणाऱ्या बहुतेक ताऱ्यांची तशीच परिस्थिती असते. आपण दुर्बिणीतून पाहिले की आकाशगंगेत लक्षावधी तारे असल्याचे दिसते, त्यांतले पुष्कळच फिके असतात.

ताऱ्यांच्या ह्या संहती (Concentration) खेरीज तारकापुंजांचे दोन वर्ग पडतात. प्लेइडिससारखे खुले पुंज आणि गोलाकार तारकापुंज. ह्यांच्यापैकी जे थोडे नुसत्या डोळ्यांनी बघितले तर तो एकच तारा आहे असे वाटते. दुर्बिणीतून पाहिले की मात्र तो हजारो ताऱ्यांचा समूह आहे असे कळते. गोलाकार समूहांमध्ये सेफिड चल तारे आढळतात. त्यांच्या सहाय्याने आपण अंतरे मोजू शकतो, हे मी मागच्या लेखात सांगितले होते. खुले तारकापुंज आकाशगंगेच्या जवळ सापडतात. त्यांच्यापैकी सर्वात दूरचा पण ज्ञात पुंज ५०० पार्सेक अंतरावर आहे. सोप्या भाषेत सांगायचं तर त्यांच्यावर जो प्रकाश आपल्याला दिसतो तो त्या ताऱ्यांपासून इसवीसन ३०० साली निघाला असणार. गोलाकार तारकापुंज तर त्याही पलीकडे असतात, आपल्यापासून ५०००० पार्सेक दूर. हे पुंज आकाशगंगेच्या जवळ दिसत नाहीत. त्यांच्यावरचा आपल्याला दिसणारा प्रकाश हा मानवी इतिहासाच्या सुरुवातीला म्हणजे हिम युगात तिथून निघाला होता.

ताऱ्यांच्या हालचालींच्या अभ्यासावरून असे संभवते की आपल्या जवळपासचे, सूर्यासकट, सर्व तारे हे आकाशगंगेच्या केंद्राभोवती फिरत आहेत. हे केंद्रस्थान धनु राशीच्या तारकापुंजात येते. आणि त्याभोवती फिरणाऱ्या ताऱ्यांची कक्षा ही

लंबवर्तुळाकार असण्यापेक्षा सर्पिल असण्याचा अधिक संभव आहे. सर्पिल (स्पायरल) म्हणजे केंद्राभोवती क्रमशः वाढत्या अंतराने भ्रमण करणाऱ्या बिंदूचा पथ. या केंद्राचे अंतर सुमारे दहा हजार पार्सेक एवढे आहे आणि त्याभोवती एक प्रदक्षिणा पूर्ण करायला आपल्याला २० ते ३० लाख वर्षे लागतात. याचा अर्थ कोळशांचे थर जेव्हा बनले त्या काळापासून आपण एक प्रदक्षिणा पूर्ण केली आहे असा होतो.

नुसत्या डोळ्यांनी किंवा साध्या दुर्बिणीतून जो ताऱ्यांचा व्यूह दिसतो तो एखाद्या बिस्किटाच्या आकाराचा, साधारण ५००० पार्सेक जाड आणि ३०००० पार्सेक व्यासाच्या वस्तूसारखा दिसतो. ताऱ्यांच्या व्यूहाचा मध्य आणि कड यांच्या साधारण मध्यावर सूर्य आहे. वर म्हटलेल्या बिस्किटाच्या प्रतलाकडे बघितले तर आपल्याला ताऱ्यांचा प्रचंड समूह दिसतो त्यालाच आकाशगंगा म्हणतात. गोलाकार तारकापुंज अवकाशात असे विखुरलेले असतात की ते या बिस्किटाचे ओबडधोबड आवरण असावे तसे दिसते. सूर्यमालेच्या २० लाख पटीने या तारकांचा व्यूह मोठा आहे. आणि त्यातील ताऱ्यांची संख्या कदाचित पाचपट असेल. ह्याचा अर्थ असा की, पृथ्वीवरच्या स्त्रीपुरुषांच्या संख्येच्या हजारपट तारे अवकाशात आहेत, किंवा असेही म्हणता येईल की, पृथ्वीवरच्या पक्षांच्या संख्येइतके अवकाशात तारे आहेत.

आकाशगंगेच्या दिशेने नजर टाकल्यास तिच्या पलीकडचे आपल्याला काही दिसत नाही, कारण तारकांचे आणि धुळीचे मेघ मध्ये येतात. तेच दुसऱ्या दिशेने बघितले तर तिथे अस्पष्ट तारे दिसतात, त्या हजारो ताऱ्यांचे फोटोही काढता येतात. त्यांनाच सर्पिल तेजोमेघ म्हणतात. यांतील सहज दिसू शकतो तो अँड्रोमेडा हा तारकासमूह, हा अतिशय धूसर दिसतो, पण त्याचा आकार चंद्रापेक्षाही मोठा आहे. शक्तिमान दुर्बिणीतून बघितले तर तो अनेक ताऱ्यांचा समूह आहे व त्यांची रचना एका अनियमित सर्पिलसारखी आहे असे दिसून येते. त्यांतल्या काही तेजस्वी ताऱ्यांपैकी काही सेफिड चल आहेत, त्यामुळे त्यांचे अंतर आणि आकारमान मोजणे शक्य होते. हा तारकासमूह जवळजवळ आकाशगंगेइतका मोठा आहे. आणि इतका दूर आहे की त्यावरून येणारा जो प्रकाश आपल्याला दिसतो तो नऊ लाख वर्षांपूर्वी तिथून निघाला होता. म्हणजे हिमयुगापूर्वी किंवा प्लियोसीन पर्वाच्या शेवटी. ज्या हत्यारांना किंवा जीवाश्मांना मानवी म्हणता येईल, ती मिळण्यापूर्वीचा हा काळ आहे.

अशा आणखी शेकडो सर्पिल तेजोमेघांचे अंतर मोजण्यात आले आहे. अर्थात ती अंतरे अचूक म्हणता येणार नाहीत. हे तेजोमेघ साधारण एकाच आकारमानाचे आहेत. त्यांच्या वर्णपटाचे फोटो काढले तेव्हा काय दिसून आले ? जी मूलतत्त्वे पृथ्वीवर आहेत त्याच तत्त्वांचे ते बनले आहेत. आणि अनेक चक्रे फिरत राहिल्यासारखे ते सगळे फिरत आहेत. एका महत्त्वाच्या बाबतीत ते इतर ताऱ्यांहून वेगळे आहेत. तारे कितीही

जवळजवळ असले तरी दोन ताऱ्यांतले अंतर हे नेहमी त्यांच्या व्यासाहून कित्येक पटींनी अधिक असते. तेच दोन जवळच्या स्पायरल तेजोमेघांमधले अंतर मात्र त्यांच्या व्यासाच्या केवळ २० पटींनी मोठे आहे, कधी त्याहूनही कमी.

आणखी एक विचित्र गोष्टही यांच्या बाबतीत अनुभवाला येते. निळा प्रकाश विखुरल्यामुळे मावळत्या सूर्याचा प्रकाश लाल होतो. सर्पिल (स्पायरल) तेजोमेघातून येणारा प्रकाशही लालसर झालेला वर्णपटदर्शक यंत्रातून दिसून येतो. पण त्याचे कारण वेगळे आहे. सर्व प्रकाशाच्या कंपनांची संख्या किंवा कंपता कमी झाल्याने तो लालसर दिसतो. ह्याचे स्पष्टीकरण फक्त एकाच घटनेत मिळू शकते ते म्हणजे हे तेजोमेघ एकमेकांपासून दूर जात असतील म्हणजेच विश्व प्रसरण पावत असेल तर. जे तारे खूप दूर आहेत पण त्यांचा फोटो काढता येतो ते तारे आपल्यापासून दूर जात आहेत, त्यांचा दूर जाण्याचा वेग प्रकाशाच्या वेगाच्या १/८ इतका आहे.

ह्याचे आणखीही एक स्पष्टीकरण देता येते. अणूच्या आतल्या इलेक्ट्रॉनच्या हालचाली वेग घेऊ लागल्या, त्याचा परिणाम म्हणून त्या अणूत विशिष्ट घडामोड होते व तो अणू आजपर्यंत फेकली नाही तितकी शक्ती बाहेर फेकू लागतो. उदाहरण द्यायचं तर रस्त्यावरच्या सोडियमच्या दिव्यात काय होतं ? सोडियम अणूतला इलेक्ट्रॉन केंद्राकडे सरकू लागतो आणि पिवळा प्रकाश बाहेर पडू लागतो. मिल्लच्या मते या एकाच घटनेची ही दोन स्पष्टीकरणे खरं म्हणजे वेगवेगळी नाहीत, पण काल आणि अवकाशाची मोजणी करण्याच्या वेगवेगळ्या पद्धतींमुळे ती वेगळी वाटतात. ही समस्या सोडविण्याकरता सापेक्षवादाच्या सिद्धांताचा उपयोग होतो, मात्र त्यातून दुसऱ्याच समस्या उभ्या रहातात.

सर्वात दूर असलेल्या ज्या सर्पिल तेजोमेघांचे फोटो काढले गेले, ते इतके दूर आहेत की आपल्यापर्यंत पोहोचलेला प्रकाश त्यांच्यापासून केव्हा निघाला असेल ? भूगर्भात कोळसा नुकताच तयार झाला होता त्या काळात तो प्रकाश तिथून निघाला होता. त्या काळाला पर्मियन काळ म्हणतात. ह्या प्रकाशाच्या वयाहून दुप्पट वयाच्या प्रकाशाचा- म्हणजेच कॅम्ब्रियन प्रकाशाचा - फोटो काढणेही आता शक्य झाले आहे. कसे ? कॅलिफोर्नियातील पालोमार येथील वेधशाळेकरता एक प्रचंड आरसा तयार करण्यात आला आहे, त्याच्या सहाय्याने. त्याच्या सहाय्याने अंतराळात आणखी दूर म्हणजे आणखी पूर्व काळात जाणेही शक्य होईल.

या नव्या उपकरणांमुळे आपल्या आजूबाजूच्या साधारण दहा लाख चक्राकार तेजोमेघांचे ढोबळ मानाने अंतर मोजणे शक्य होणार आहे. एडिंग्टनच्या सिद्धांताप्रमाणे इतरही काही सिद्धांत काय सांगतात ? विश्वातील एकूण द्रव्यराशी (वास्तवीयराशी) ठराविक इतकीच आहे. आता फोटो काढता येणाऱ्या वस्तूंच्या चौपट अंतरावरच्या



वस्तूंचा फोटो जर काढता आला तर त्या वस्तू जवळजवळ प्रकाशाच्या वेगाने दूर सरकत आहेत असे दिसून येईल. मिल्न आणि इतरांच्या काही सिद्धांतांत विश्व अमर्याद आहे असे मानले आहे (म्हणजेच त्यातील वास्तवीय राशी ठराविक नाही). हे कधीच सिद्ध करता येणार नाही. फारतर एडिंग्टनचा सिद्धांत चुकीचा आहे किंवा त्याच्या सिद्धांतावरून काढलेली आजपर्यंतची अनुमाने बरोबर आली आहेत एवढे पुढील काही वर्षांत सिद्ध होऊ शकेल.

ह्या सगळ्यात महत्वाचा मुद्दा असा की ह्या समस्या किंवा हे प्रश्न दीर्घ चर्चेने सोडवायचे नाहीत तर त्यांची उत्तरे निरीक्षणे करून सापडवायची आहेत. त्या निरीक्षणांकरता लागणाऱ्या उपकरणांची किंमत लक्षावधी पौंड होईल, पण त्यांचा उपयोग केल्याने आजपर्यंतच्या ज्ञानात जी भर पडेल त्यामुळे तो खर्च सार्थक ठरेल.

विज्ञानातील काही क्षेत्रांत आपल्याला निश्चित ज्ञान आहे, काही ठिकाणी मात्र ते अनिश्चित आहे. अवकाशात अति दूर असलेल्या आणि अति पाटीमागच्या भूतकाळातल्या वस्तूंचा अभ्यास हा अशा अनिश्चित क्षेत्रात मोडतो. अंतर आणि भूतकाळ या समस्या खरे तर एकच आहेत. आपण आत्ताच्या मानाने ८ ते १० पटींनी दूरच्या काळातल्या वस्तूंचे फोटो काढू शकलो तर पृथ्वीने आकार घेतला त्या वेळी त्या वस्तू जशा होत्या तसे त्यांचे फोटो येतील. पण अतिदूरच्या अंतरांच्या व भूतकाळाच्या बाबतीत जशी अनिश्चितता आहे तशी अगदी कमी अंतर आणि अगदी समीपच्या काळाबाबतही आहे. अणूच्या केंद्रकाचा (न्यूक्लियस) अभ्यास करताना ह्या क्षेत्रातील अनिश्चितता अनुभवाला येते.

अनिश्चिततेचे आणखीही एक क्षेत्र आहे. प्रकाशाच्या तरंगलहरीपेक्षा लहान वस्तू आपण सूक्ष्मदर्शक यंत्रातून पाहू शकतो. रसायनशास्त्रातल्या प्रयोगातून आपल्याला अणू आणि रेणू यांच्याबद्दलची माहिती होते. प्रश्न कुठे येतो ? तर प्रकाशतरंगांच्या लहरीपेक्षा लहान पण रेणूपेक्षा मोठ्या वस्तूंचा विषय जेव्हा आपण माहिती मिळवायला जातो तेव्हा ते फार दुरापास्त होते. पण रसायनशास्त्र आणि जीवन या दोनातील संक्रमण ह्याच क्षेत्रात होत असते.

अनिश्चिततेच्या या तिसऱ्या क्षेत्रातच माझे पुष्कळसे काम झाले आहे. नवलाची गोष्ट म्हणजे माझ्या या आयुष्यातच सूक्ष्म आणि अवाढव्य दोन्ही वस्तूंचा विषयीच्या ज्ञानाच्या कक्षा कितीतरी वाढल्या आहेत. ह्या ज्ञानाचा वारसा सर्वसाधारण शिकलेल्या लोकांना मिळाला पाहिजे त्याकरता काही करताना मोठे मोठे आकडे न वापरता, सामान्य स्त्रीपुरुषांना परिचित असायला पाहिजेत अशा कल्पना वापरल्या पाहिजेत. उदाहरणार्थ, पृथ्वीचे आकारमान, भूगर्भात कोळसा किंवा खडू तयार झाले तेव्हापासूनचा काळ, वगैरे.



## ग्रहांविषयी सहज ज्ञान

विज्ञानाच्या वाटचालीतील दोन प्रवाहांत सतत झगडा चालू असतो. त्या झगड्याचा विज्ञानाच्या प्रगतीवर विधायक परिणाम होतो. सर्व घटनांची कारणे शोधून स्पष्ट करून त्याचे स्पष्टीकरण देणे हे केव्हाही श्रेयस्कर होईल हे खरे. पण कितीतरी घटनांची कारणे आपल्याला माहीत नसतात, अशा वेळी अमुक एक घटनेचे स्पष्टीकरण आपल्याला माहीत नसेल तेव्हा त्या घटना जशा आहेत तसे त्यांचे वर्णन करणे हेच योग्य ठरते. एक उदाहरण घ्यायचे तर लंडनमधून वाहाणारी थेम्स ही नदी लंडन आणि लँबेथ या शहरांच्या मध्यात उजवीकडे वळते. ही घटना केवळ योगायोगाने झाली आहे किंवा निसर्गाच्या लहरीपणाचा तो एक आविष्कार आहे असे भूशास्त्रज्ञांना कधीच वाटत नाही. पण नदी वळण्याचे कारण शोधणे हे कितीही योग्य असले तरी अजूनही कुणाला ते माहीत नाही, आणि त्याकरता मांडलेला कोणताही सिद्धांत चुकीचा ठरू शकतो ह्याचीही त्यांना जाणीव आहे. तरीही एखादा सिद्धांत आपण मानला तर भूशास्त्राची प्रगती गोठण्याची शक्यता आहे.

अशा या फलदायी झगड्याचे उत्तम उदाहरण म्हणून सूर्यमालेबद्दलच्या बदलत गेलेल्या कल्पनांचा आलेख बघा. हजारो वर्षे माणसाला सूर्य, चंद्र आणि इतर पाच ग्रह दिसत होते. कुठे पहायचे हे कळले तर युरेनस हा आठवा ग्रहही दिसू शकतो. सात ग्रह हे सात देवांचे प्रतिनिधी आहेत अशीच त्या काळी समजूत होती. नंतर जेव्हा ग्रहांच्या हालचालीचे वर्णन केले गेले तेव्हा ते ग्रह अमूक एक प्रकारची हालचाल का करतात आणि ग्रहांची संख्या एवढीच का आहे असे प्रश्न माणसे विचारू लागली.

केप्लर या शास्त्रज्ञाने त्या प्रश्नाचे उत्तर देण्याचा प्रयत्न केला. त्याच्या मते बुध,

शुक्र, पृथ्वी, मंगळ, गुरू आणि शनी हे गोल फिरतात, त्यांच्या केंद्रस्थानी सूर्य असतो. आणि या गोलकांची अशी एक विशिष्ट रचना असते की एक सुषम (नियमित) घन वस्तूबरोबर दोन गोलांच्या मध्ये येते. सुषम घनांचे फक्त पाच प्रकार आहेत. त्यांपैकी सर्वात परिचित आहे तो क्यूब. म्हणजे सूर्यमालेत फक्त सहा ग्रहच असू शकतात. त्यामुळे आपला हा सिद्धांत चालणार नाही हे केप्लरच्या लक्षात आले. नंतर त्याने ग्रहांचे भ्रमण पथ शोधून काढले ते बहुतांशी बरोबर होते. ग्रहांचे भ्रमणपथ विशिष्ट आकाराचेच का आहेत याचे कारण न्यूटनने दाखवून दिले. तसेच सूर्यापासून विशिष्ट अंतरावरचा ग्रह ठराविक वेगानेच फिरला पाहिजे हेही त्याने स्पष्ट केले. पण ते ग्रह सूर्यापासून त्याच अंतरावर का फिरतात हे सांगण्याचा प्रयत्न त्याने केला नाही. ते अंतर विश्वनिर्मात्याने ठरवून दिलेले आहे, असा त्याचा विश्वास होता. एकदा ते ग्रह त्या अंतरावरून फिरू लागले की त्या ग्रहांच्या नंतरच्या हालचालींचे स्पष्टीकरण आपल्याला देता येते.

सूर्यमालेत फक्त सात ग्रहच का आहेत हे हेगेल या तत्त्वज्ञाने स्पष्ट केले. पण नंतरच्या काळात आणखी पुष्कळ माहिती मिळत गेली आणि मग त्याच्या स्पष्टीकरणाचे महत्त्व राहिले नाही. हेगेलचे विचार इतके प्रगत होते की, सूर्यमालेची रचना आणि त्याची गती या दोन्हींना शास्त्रीय कारणच असले पाहिजे असा त्याचा विश्वास होता. बोड या खगोलशास्त्रज्ञाने 'ग्रहांचे सूर्यमालेपासूनचे अंतर' यासंबंधी एक नियम मांडला. पण तो अतिशय डोबळ होता. तो जर अचूक असता तरी तो तसा का आहे हे सांगायला कुणी पुढे आलेला नाही.

या वर्षी कुइपरने या क्षेत्रात किंचित पण खरीखुरी प्रगती घडवून आणली. कुइपर हे यर्क्स वेधशाळेत काम करतात. त्यांनी ग्रहांचे वस्तुमान आणि त्यांचे सूर्यापासून अंतर यात एक विशिष्ट संबंध असतो असे दाखवून दिले. तोच संबंध गुरू, शनी आणि युरेनस हे ग्रह व त्यांच्या उपग्रहात आहे असेही त्याने प्रतिपादन केले. सूर्याभोवती फिरणारी धूळ किंवा वायू यांच्या संघननामुळे (कंडेन्सेशन) जर ग्रह बनले असतील किंवा दुसरा तारा सूर्याच्या जवळून जात असताना सूर्यापासून फुटून बाहेर पडल्याने ग्रह बनले असतील किंवा आणखी काही कारणांनी ते बनले असतील तर ग्रह जितका अधिक जड तितका तो आपल्या शेजाऱ्यापासून अधिक दूर असेल. कारण जड ग्रह हा नुसता जास्तीत जास्त उपलब्ध पदार्थ सामावून घेत नाही, तर आपल्या आजूबाजूच्या पदार्थांना खेचून घेईल व दुसऱ्या स्वतंत्र ग्रहाच्या निर्मितीला आळा घालतो. वस्तुमान आणि अंतरे यांच्यातला संबंध काय असावा हे सांगणारी आणखीही काही गुंतागुंतीची स्पष्टीकरणे आहेत.

कुइपरने काय केले पाहू या. दोन शेजारी ग्रहांच्या वजनांची बेरीज केली (शुक्र-पृथ्वी किंवा पृथ्वी-मंगळ) तिला सूर्याच्या वजनाने भागले. या ग्रहांच्या सूर्यापासूनच्या सरासरी अंतरातील फरक मोजले. त्या सर्व अंतरांच्या बेरजेने त्यांना भागले. अशा प्रकारे

त्यांना आकड्यांचे दोन रकाने मिळाले. अंतरे व वस्तुमानातील संबंधाचा जो सिद्धांत मांडला होता त्याला ते आकडे जुळणारे होते. त्यानंतर गुरू, शनी व युरेनस यांच्याभोवती फिरणाऱ्या उपग्रहांच्या बाबतीत त्यांनी तसे प्रयोग केले तेव्हा तिथेही तोच नियम लागू होतो, असे त्यांना आढळले.

ज्या नियमानुसार वस्तुमान व अंतरे ठरतात तो नियम आतापर्यंत सुचवलेल्या कोणत्याही सिद्धांतात बसेल असे नाही, पण त्याच्याबाबत पुष्कळसा बरोबर ठरणारा एक साधा सिद्धांत आहे. असे असले तरी जो नियम अलीकडे मांडला गेला तोही अचूक आहे असे म्हणता येत नाही. प्रत्यक्ष अंतर-मूल्यांच्या दहा टक्के आगेमागे असणारी किती अंतरे मिळाली ? तर केवळ पन्नास टक्के. तरी पुढे जाण्याकरता तो एक टप्पा असतो. सुदैवाने अशी वैज्ञानिक उपकरणे तयार करण्यात येत आहेत की त्यांच्या सहाय्याने कुइपरचा नियम सर्व परिस्थितीत लागू पडतो का हे पडताळून पहाता येईल. अतिदूरच्या (त्यांना स्थिर म्हणतात) ताऱ्यांच्या बाबतीत जो अनियमितपणा आढळतो त्यावरून त्या ताऱ्यांना ग्रह आहेत असे सूचित होते. त्या ग्रहांचे वस्तुमान आणि त्यांचे अंतर मोजले आणि ते जर कुइपरच्या नियमाला धरून असेल तर मात्र त्या नियमाचा गंभीरपणे विचार करावा लागेल. तोपर्यंत कदाचित तो नियम आणखी अचूक केला जाईल. त्याकरता आपल्या शेजारच्या सूर्यमालांच्या पलीकडील सूर्यमालांतील सर्व ग्रह व उपग्रह यांचा विचार करावा लागेल. आणि त्यांच्या वस्तुमान व अंतर यांच्या अंतर्संबंधाकरता अधिक पूर्णतेकडे नेणारा सिद्धांतही शोधणे आवश्यक आहे.

मार्क्सिस्ट विचारधारणेच्या सर्व लोकांचा आणि मार्क्सिस्ट नसलेल्या कित्येक वैज्ञानिकांचा असा विश्वास आहे की या विश्वातले नियम योगायोगाने किंवा लहरीपणाने बनलेले नाहीत. तर्काने स्पष्ट करता येणार नाहीत अशा घटना विश्वात घडतच नाहीत. कुइपरच्या कामाने ह्या विचाराचे समर्थनच होते. हे खरे आहे की आजमितीला माहीत असलेल्या घटनांपैकी अत्यल्प घटनांचे तार्किक स्पष्टीकरण आपल्याला देता येते. जेव्हा नवीन घटना उजेडात येतील आणि ज्ञात घटनांचा आपण अधिक स्पष्टपणे विचार करू तेव्हा त्यांतली कितीतरी स्पष्टीकरणे चुकीची ठरतील. तरीही पृथ्वी सूर्याभोवती एक वर्षात एक प्रदक्षिणा घालते, त्याच प्रदक्षिणेकरता गुरूला अकरा वर्षे का लागतात ? वाघ आणि मांजरे यांच्यापेक्षा सिंहाच्या नर व मादी यांच्या केसांच्या लांबीत फरक का असतो ? साखर आणि ग्लिसरीन गोड का लागतात आणि अल्कोहोल गोड का नसते ? असे प्रश्न विचारले जाणे हे योग्यच आहे. यातील नंतरच्या प्रश्नांची उत्तरे आपल्याला आज माहीत नाहीत. पण पुढची पिढी त्यांची उत्तरे शोधून काढेल अशी आशा निर्माण करायला कुइपरसारख्यांचे कामच कारणीभूत ठरते.



## निळ्या ताऱ्यांचा शोध

अमेरिकेतल्या कॅलिफोर्निया राज्यात माउंट विल्सन वेधशाळा आहे. तिथे काम करणाऱ्या ह्युमासन आणि झिवकी या दोन खगोलशास्त्रज्ञांनी अवकाशातल्या दोन प्रदेशात फिके निळे तारे शोधण्याचा प्रकल्प सुरू केला. वृषभ राशीतल्या हायडीस या तारकापुंजाजवळच्या प्रदेशात त्यांना एक तारा दिसला. आणि दुसरा कोमा बेरेनाइसिस या तारकापुंजात दिसला. तो आकाशगंगेपासून खूप दूर आहे. त्या शास्त्रज्ञांनी अवकाशाच्या त्या प्रदेशाचे दोन वेगवेगळ्या रंगांच्या काचांतून फोटो काढले. त्यांतून त्यांना अशा प्रकारचे ४८ तारे दिसले. लाल काचेपेक्षा जांभळ्या काचेतून ते अधिक तेजस्वी दिसले. असे म्हटले तरी ते सगळेच तारे अतिशय फिकट दिसतात. त्यांतला सगळ्यांत तेजस्वी दिसणारा तारासुद्धा आपल्या डोळ्यांनी दिसू शकेल त्या अंतराच्या वीसपट दूर आहे.

अशा शोधांचे प्रयोजन काय असा कुणाला प्रश्न पडेल. निळ्याशार रंगाचे पोस्टाचे तिकिट शोधण्यापेक्षा याचे महत्त्व कदाचित अधिक असेल, पण त्याचा व्यवहारात काय उपयोग ? या प्रश्नाचे उत्तर साधे आहे. तारा जितका अधिक निळा तेवढा तो अधिक उष्ण असतो असा एक नियम आहे. त्याचे कारण सरळ आहे. काळी वस्तू तापवली तर प्रथम त्यातून अदृश्य असे अवरक्त किरण (इन्फ्रारेड) बाहेर पडू लागतात. उष्णतेमुळेच फक्त ते जाणवतात. नंतर ती वस्तू लाल होते आणि त्याहून शेवटी ती पांढरी पडते. त्यापेक्षाही अधिक तापली तर ती निळा प्रकाश बाहेर टाकू लागते. आर्क दिव्याचा (यात विद्युतज्योत असते) प्रकाश हा विजेच्या दिव्याच्या प्रकाशापेक्षा कितीतरी अधिक गरम आणि निळा असतो. आजकालचे निऑन, मर्क्युरी किंवा सोडियम दिवे

हे चमकतात याचे कारण ते अधिक गरम होतात हे नाही, तर त्यातला अणू विद्युतशक्तीने प्रभावित होऊन प्रकाश फेकू लागतो. त्यांचे रंगही वेगवेगळ्या कारणांनी तयार होतात. निळ्या प्रकाशलहरींचे दोलन हे लाल प्रकाशलहरींपेक्षा अधिक जलद होते. अधिक गरम वस्तूतले अणू अधिक वेगाने फिरतात व तिच्यातून बाहेर पडणारा प्रकाश अधिक निळा असतो (कमी गरम वस्तूच्या मानाने.)

ह्युमासन आणि झिवकी अवकाशातल्या दोन प्रदेशातले निळे तारे शोधत होते याचा अर्थ ते अति उष्ण पदार्थ शोधत होते. कोणत्याही परिस्थितीची पराकाष्ठा झाली की पदार्थ नवीन गुणधर्म धारण करू लागतो, त्याच्यातील राशी गुणवत्तेत बदलते. उदाहरणार्थ, काही धातू अतिशीत परिस्थितीत अतिवाहक बनतात, त्यांच्या वाहकतेला कसलेच बंधन रहात नाही. हेलियमच्या द्रवात ठेवलेल्या शिशाच्या कड्यातून विद्युत प्रवाह सोडला तर तो तासंतास वाहात राहील.

ताऱ्यांच्या वर्णपंक्तीचे फोटो काढले गेले. त्यावरून त्यांची उष्णता मोजण्यात आली. त्याकरता प्रसिद्ध भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ मेघनाद सहा यांनी मांडलेल्या तत्वाचा आधार घेतला गेला. त्या तत्वावर इंग्लंडमधल्या मिलन आणि फाउलर यांनी आणखी काम केले. ज्या ताऱ्यांचे परीक्षण केले त्यांतील पुष्कळशा ताऱ्यांची उचित गती (प्रॉपर मोशन) आधीच माहीत होती. ही गती म्हणजे त्या ताऱ्यांचा अवकाशातील दिशा बदलण्याचा दर. या सगळ्या अभ्यासामुळे सूर्याच्या जवळ कोणते तारे आहेत त्यांचा शोध घेता आला. इथे जवळ हा शब्द खगोलशास्त्रातील अंतरांच्या संदर्भात घ्यायचा. अशा प्रकारच्या सूर्याजवळच्या वस्तूला दहा एक वर्षांत लक्षात येण्याइतके आपले स्थान बदलण्याकरता फार वेगाने फिरावे लागत नाही. त्यावरून असे म्हणता येईल की बहुतेक सगळे तारे जे आपले स्थान झटपट बदलताना दिसतात, ते आपल्या जवळ असले पाहिजेत.

हायडीस तारकापुंजाजवळचे बहुतेक सर्व निळे तारे यांची गती आल्डबारन व त्या तारकापुंजातल्या इतर तेजस्वी ताऱ्यांच्या गतीशी मिळतीजुळती आहे. हे सगळे अतिशय फिके असून व्हाइट ड्वार्फ या अतिशय घनदाट (संघनित) तारकापुंजांपैकीच तारे आहेत असे सिद्ध झाले आहे. हे घनदाट आहेत म्हणजे किती ? या ताऱ्यातला पदार्थ इतका घट्ट बसलेला असतो की २.५ सें. मी. घनाचे (त्रिमितीय चौरस) वजन सुमारे एक टन इतके भरेल. स्वतःच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे हा पदार्थ एकत्रित रहातो. त्याचे गुरुत्वाकर्षण इतके प्रचंड असते की त्या ताऱ्यांपासून दूर जाण्याकरता प्रकाशालाही कष्ट पडतात. त्या धडपडीत तो प्रकाश आणखी लाल होतो, पण त्याच्यामुळे ताऱ्यांचा निळसर पांढरा रंग बदलत नाही. जरी ह्यातला एकही तारा दुर्बिणीशिवाय दिसण्याइतका तेजस्वी नसला, तरी आपल्या जवळ असलेल्या अशा ताऱ्यांची संख्या पुष्कळ मोठी आहे. हाइडीसच्या जवळच्या प्रदेशात आणखी शोध घेतला तर सत्य परिस्थिती समजून येईल. आणि ते

जर खरे ठरले तर ताऱ्यांच्या उत्क्रांतीतला तो नंतरचा टप्पा असण्याचा संभव आहे, कदाचित आपला सूर्यही तसाच एक संघनित तारा बनून जाईल.

आकाशगंगेच्या ध्रुव प्रदेशात जेव्हा निळ्या ताऱ्यांचा शोध घेतला तेव्हा वेगळाच अनुभव आला. काही ड्वार्फ तारे सोडले तर पुष्कळसे तारे इतक्या दूर अंतरावरूनही चांगले तेजस्वी आणि मोठे दिसतात. आकाशगंगेच्या दिशेला ताऱ्या-ताऱ्यांच्यामध्ये इतकी धूळ आहे की ताऱ्यांचे फक्त फोटो काढता येतात. कितीही तेजस्वी दिसले तरी ते तारे आपल्यापासून काही प्रकाशवर्षे दूर आहेत. आकाशगंगेच्या काटकोनात पाहिले तर त्या पलीकडच्या अवकाशाचे निरीक्षण करता येते. आपली आकाशगंगा आणि सर्पिल तेजोमेघासारख्या दिसणाऱ्या तिच्या पलीकडच्या आकाशगंगा यांच्या मध्ये पसरलेल्या मोकळ्या अवकाशात काही मोठे निळे तारे असण्याचा संभव आहे.

ह्या निळ्या ताऱ्यांविषयी जेव्हा अधिक शोध लागतील तेव्हा या विश्वाचा आवाका मोजण्यास मदत होईल, तसेच अतिउष्ण पदार्थांविषयीही आपल्याला अधिक माहिती होईल. मी जेव्हा अतिउष्ण म्हणतो तेव्हा अणुबाँबचा स्फोट होताना पहिल्या सेकंदाच्या एक लक्षांश वेळात तापलेला पदार्थ किंवा एखाद्या फुटलेल्या ताऱ्यातून निघणारा तप्त पदार्थ नाही, तर कायमस्वरूपी अतिउष्णता बाळगणारे पदार्थ असा अर्थ मला अभिप्रेत आहे.

ह्या सर्व निरीक्षणांतून आणि अभ्यासातून काय निष्पन्न होईल, किंबहुना काही निष्पन्न तरी होईल का, हे मी सांगू शकत नाही. सूर्यामधल्या पदार्थांच्या अभ्यासाने आपल्याला हेलियम वायूसारख्या नवीन पदार्थांची जाणीव झाली, आणि इतर माहीत असलेल्या पदार्थांविषयी अधिक काही शिकता आले. पृथ्वीवर सापडणाऱ्या पदार्थांच्या मानाने सूर्य आणि इतर तारे यांच्यातील पदार्थ प्राथमिक अवस्थेत असतात असे आढळते. उदाहरणार्थ, एक किंवा अधिक इलेक्ट्रॉन गमावलेल्या, एकाच प्रकारच्या अणूंनी बनलेला वायू. या वायूच्या अभ्यासाने रसायनशास्त्राचा पाया घालण्यास मोठी मदत झाली आहे.

अशा प्रकारे मिळवलेले ज्ञान चांगल्या कारणाकरता वापरले जाईल की वाईट, हे काही त्या खगोलशास्त्रज्ञांवर अवलंबून नसते. रसायनशास्त्रज्ञांच्या तुलनेने खगोल शास्त्रज्ञ अधिक व्यापक दृष्टीतून पहातात. ताऱ्यांचा नकाशा काढणे किंवा ग्रहणांची निरीक्षणे ह्या गोष्टी जागतिक स्वरूपाच्या आहेत, आणि त्यात काम करणारे शास्त्रज्ञ त्याविषयीचा कार्यक्रम कितीतरी आधीपासून ठरवत असतात. इतर नोकऱ्यांतल्या कामगारांनी 'आंतरराष्ट्रीय खगोलशास्त्रीय युनियन' कडून हा धडा शिकला पाहिजे. खाणकामगार, वाहतूक कामगार आणि सर्वात महत्त्वाचे म्हणजे शेत कामगार ह्यांचे आंतरराष्ट्रीय संबंध खगोलशास्त्रज्ञांप्रमाणे जेव्हा चांगले होतील तेव्हा आपली पृथ्वी पुष्कळच सुखकारक होईल.



## सूर्याचा किरणोत्सार

रेडिओसंकेत आणि ध्वनिक्षेपण करण्यात जशी प्रगती होत गेली, तसे त्यात अडथळे करणाऱ्या ध्वनीकडे अधिकाधिक लक्ष वेधले गेले. त्यांतील काही विद्युत मोटरीतून आणि विद्युतजनित्रातून येत होते आणि काही मेघगर्जनेतून येत होते.

त्यांतले काही ध्वनी हे आपल्या वातावरणाबाहेरून येत आहेत असे शेवटी आढळून आले. हे प्रथम जास्की या वैज्ञानिकाने मांडले, पण त्याचा फारसा पाठपुरावा झाला नाही. महायुद्धाच्या वेळी रडार आणि लघुतरंगांवरून प्रक्षेपण यांचा विकास केला गेला आणि त्यातही ध्वनींच्या अभ्यासावर अधिक भर दिला गेला. तरीही हे काम महायुद्धाच्या काळात झाल्याने त्या संशोधनाविषयी गुप्तता राखली जाई. म्हणूनच त्या काळात ज्ञानाची फार प्रगती (शांततेच्या काळात झाली असती त्यामानाने) झाली नाही. सध्या या मुद्द्यावर भरीव काम चाललेले आहे आणि त्यात ऑस्ट्रेलियातले तरुण व उत्साही पदार्थवैज्ञानिक महत्त्वाचे योगदान करीत आहेत. अनेक प्रकारच्या प्रारणांना आपल्या वातावरणात शिरता येत नाही. सूर्यापासून अनेक जंबुलातीत (अल्ट्राव्हायोलेट) किरण आणि काही क्ष किरण उत्सर्जित होत असतात. चंद्रावर वास्तव्य करण्याचा प्रयत्न करणाऱ्यांना ते किरण फार हानीकारक ठरतील. चंद्रावर हवा नाही, तेव्हा ते किरण चंद्रापर्यंत सहज पोहोचू शकतील. वातावरणातून दोन प्रकारच्या किरणांना प्रवास करता येतो. एक म्हणजे अवरक्त किरण (इन्फ्रारेड) आणि जंबुलातीत किरण. त्यांपैकी काही आपल्याला दिसू शकतात, तर काहींचे आपण फोटो काढू शकतो.

दुसऱ्या गटात रेडिओ तरंगांचा समावेश होतो. ह्या तरंगांची लांबी १ से.मी. ते

१० मीटरपर्यंत कितीही असू शकते. ह्यांतले काही सूर्याकडून येतात आणि काही आकाशगंगेच्या भागातून. आकाशगंगेच्या ज्या प्रदेशातून रेडिओतरंग येतात तेथील पुष्कळसे तारे अति संघनित असतात. ताऱ्यांवरून येणारा प्रकाश हा जरी सूर्यप्रकाशाच्या मानाने नगण्य असला तरी रेडिओध्वनीच्या बाबतीत हे तारे सूर्याहून कमी नाहीत.

सूर्याचे रेडिओ-उत्सर्जन दोन प्रकारचे असते. पहिला प्रकार म्हणजे ज्यांची कमाल तीव्रता तीन मीटर इतकी असते, ते उत्सर्जन बहुतांशी स्थिर असते. दुसऱ्या प्रकारच्या उत्सर्जनात कमाल तीव्रता ५ मीटर इतकी असून ते शक्तिशाली असते. सूर्यावर जेव्हा मोठाले डाग असतात तेव्हाच फक्त हे उत्सर्जन होते. प्रकाशाच्या बाबतीत जर असे घडले तर सूर्य बहुतेकवेळ पांढरा प्रकाश देत राहील, पण अधूनमधून त्यात विलक्षण लाल चमक दिसेल.

१९४८ सालच्या २९ जानेवारी रोजी रॉयल सोसायटीची एक बैठक झाली. त्यात केंब्रिज येथील राइल आणि व्हॉनबर्ग यांनी आपण केलेल्या अचूक मोजमापनांचे परिणाम काय आले ते सांगितले, तर ऑस्ट्रेलियाच्या मार्टिनने तरंगांचा उगम कसा झाला याबाबतचा गणिती सिद्धांत सादर केला. मार्टिनचा सिद्धांत काय सांगतो? सूर्याचे डाग नसतात तेव्हा आपल्यापर्यंत पोहोचणारे प्रारण हे सूर्यबिंबाच्या चमकत्या भागावरून आलेले नसते, ते सूर्याभोवतीच्या विरळ वातावरणातून येते. वातावरणाच्या त्या कंकणाला कोरोना म्हणतात. खग्रास सूर्यग्रहणाच्या वेळी या कोरोनाचे दर्शन होते.

विमानातून उंच गेले की तिथली हवा गार असते. पण आणखी बऱ्याच उंचीवर गेल्यास तिथली हवा खूप तापलेली असते. हे तप्त हवेचे थर आयनावरणात (आयोनोस्फियर) असतात. आयनावरणातून रेडिओतरंग खाली परावर्तित होतात. सूर्याच्या भोवती जे आयनावरण आहे त्यालाच कोरोना म्हणतात. कोरोना अतिशय तप्त आहे असे त्याच्या प्रकाश वर्णपटावरून दिसून येते. त्याची उष्णता ही साधारण दहा लाख अंश इतकी असून त्यात जोरदार आयनीकरण झालेले असते. त्यातल्या अडथळ्यांमुळे रेडिओ उत्सर्जन होते. त्यातला विद्युत प्रभार आणि त्याच्या हालचालींचा प्रचंड वेग यांच्यामुळे रेडिओ तरंग उत्सर्जित होऊ लागतात. हे रेडिओतरंग कुठल्या दिशेने येतात हे ठरविणे महाकठीण असल्याने हा सिद्धांत किंवा त्यांच्याबाबतीतला इतर कुठलाही सिद्धांत सिद्ध करणे दुरापास्त होते. सूर्यापासून होणारे उत्सर्जन जेव्हा दुर्बल असते तेव्हा हा शोध आणखीच अवघड होतो. राईल आणि व्हॉनबर्ग यांनी एक पद्धत शोधली तिच्यामुळे सूर्यापासून येणारे रेडिओ ध्वनितरंग आणि इतर ठिकाणांहून येणारे ध्वनी यांतला फरक कळू शकतो. मार्टिनचा सिद्धांत बरोबर असेल तर आपल्याला प्रखर सूर्यबिंबाभोवती एक तेजस्वी वलय दिसेल. जिच्यातून लहरी कोणत्या बाजूने येतात हे दिसेल अशी शक्तिशाली रेडिओ दुर्बीण या कामाकरता आवश्यक ठरेल. बहुतेक सर्व

रेडिओ तरंग कोरोनाच्या बाहेरच्या कडेतून येत असतात, असे ग्रहणांच्या वेळी केलेल्या निरीक्षणातून निष्पन्न झाले. सूर्याचा प्रकाश झाकण्यापूर्वी रेडिओ तरंगांनाही काही प्रमाणात ग्रहण लागते, पण त्यांना खग्रास ग्रहण मात्र कधीच लागत नाही. साध्या डोळ्यांनी किंवा दुर्बिणीने केलेल्या निरीक्षणापेक्षा सूर्याच्या खग्रास ग्रहणाच्या वेळी भविष्यकाळातील निरीक्षणे आपल्या ज्ञानात अधिक भर टाकतील. सूर्यावरच्या डागांवरून होणारे उत्सर्जन हे त्या डागांवरून होते की त्यावरच्या कोरोनावरून होते हे अजून निश्चित झालेले नाही. सूर्याचे हे डाग पुढच्या वर्षी वारंवार आपल्यासमोर येणार आहेत त्या वेळी ते निश्चित कळण्याचा संभव आहे.

ह्या सर्व कामाचे मला कौतुक वाटते. हजारो वर्षे माणसाला सूर्य, चंद्र व तारे यांचे ज्ञान फक्त त्यांच्या उष्णतेवरून व प्रकाशावरून होत होते. तेवढ्यावरून स्वर्गाबद्दल अनेक कल्पनाविलास केले गेले, त्यातले काही धर्माच्या संहितांमधेही जाऊन बसले. कालांतराने न्यूटनने भरती-ओहोटी यांना सूर्य व चंद्राचे गुरुत्वाकर्षण कारणीभूत होते असे दाखवून दिले. त्यानंतर पालन याने उल्काशमांबद्दल अचूक माहिती दिली. उल्काशम म्हणजे वातावरणापलीकडच्या वस्तू. जेव्हा असे हजारो उल्काशम तपासले गेले तेव्हा ते सामान्य पदार्थापासूनच बनलेले होते असे आढळले.

विश्वाची उकल करण्याचा चवथा मार्गही आपल्याला उपलब्ध झाला आहे. त्यातून काय शोध लागेल हे मला माहीत नाही. मला जर काही सनसनाटी सांगायचे असते तर येथे चांगलाच वाव होता. सूर्यावरून येणारे रेडिओ ध्वनी म्हणजे संदेशाची नोंद आहे, हे संदेश सूर्यावर राहणाऱ्या बुद्धिमान प्राण्यांनी - त्यांना देवदूत म्हणा हवे तर - पाठवले आहेत असे मी सांगू शकलो असतो. पण हे जवळजवळ अशक्य आहे असे मला वाटते. रेडिओ दुर्बिणीचा उपयोग करून जी माहिती उजेडात येईल ती ह्यापेक्षाही नवलाईची असेल.

जगात अशा नवलाईच्या गोष्टी भरलेल्या आहेत. आपल्या पूर्वजांनी केलेल्या कल्पनांपेक्षा त्या गोष्टी फार वेगळ्या आहेत. उदाहरण घ्यायचं तर लिथार्जिक एन्सिफेलिटिस सारखे काही विषाणू चांगल्या मुलांना विकृत बनवून टाकतात. पूर्वी ते काम सैतानाचे समजले जाई. तेव्हांची माणसे सैतानाचे चित्र माणसाप्रमाणेच रंगवत, फक्त तो माणसापेक्षा कितीतरी अधिक शक्तिमान व दुष्ट दाखवलेला असे. त्याच्या तुलनेत विषाणू हे अति क्षुद्र आहेत. रासायनिक संयुग आणि सजीव जंतू यांच्या मधल्या टप्प्यात ते असतात. म्हणजे सैतानाविषयीच्या कल्पनांच्या मानाने यःकश्चित् !

खगोलशास्त्रीय रेडिओतरंगांच्या अभ्यासातून आपल्याला विश्वाबद्दल अनपेक्षित आणि अनोखी माहिती कळेल असा माझा कयास आहे.



## वैश्विक किरण

वैश्विक किरणांवर जे लिहिले गेले आहे तितके निरर्थक लिखाण आधुनिक पदार्थ विज्ञानातल्या इतर कोणत्याही विषयावर लिहिले गेले नसेल. पहिले म्हणजे वैश्विक किरण हे आपल्याला पूर्वापार माहीत असलेल्या किरणांसारखे नाहीत. सर्वसामान्य नियमांच्या अपवादांचा अभ्यास केला, तर वैश्विक किरण हे त्याचे उत्तम उदाहरण ठरेल. तमाम विद्युत उद्योग दोन अपवादांवरच उभा आहे. बहुतेक सर्व निराधार वस्तू खाली जमिनीवर पडतात. पण चुंबकाच्या जवळ लोखंडाचा कीस किंवा विद्युत्‌भारित लाखेच्या कांडीजवळ कागदाचे कपटे मात्र वर उचलले जातात.

बीज कोणत्या नियमांना धरून चालते हे जेव्हा मांडले गेले तेव्हा आणखी अनेक अपवाद सापडले. हवा ही विजेची रोधक आहे, पण एकावेळी तो रोध काही मिनिटांपर्यंतच टिकतो. लवकरच हवेला फट पडते आणि तेथून शेवटी गळती सुरू होते. ह्यातील काही गळती हवेच्या आयनीकरणामुळे होते. अणूंच्या किरणोत्सारांमधून जे कण वेगाने बाहेर फेकले जातात त्यांच्यामुळे हवेचे आयनीकरण होते. कालांतराने लक्षात आले की बहुतांशी आयनीकरणाला खाली येणारा पदार्थ कारणीभूत असतो. हेस आणि कोलहोर्स्टर जेव्हा फुग्यात बसून सहा मैल उंचीवर गेले तेव्हा ही गळती दहापटीने वाढल्याचे त्यांच्या लक्षात आले. हे तथाकथित किरण वेगाने जाणाऱ्या कणांचे बनले आहेत आणि समुद्रसपाटीवर आडव्या चौरस इंचातून प्रति सेकंदाला तसले सुमारे सहा किरण जातात.

हे किरण शोधण्याकरता वेगवेगळ्या प्रकारची तीन उपकरणे वापरली गेली.

गैगर-मुलर काउंटर हे एक उपकरण. त्याचे स्वरूप म्हणजे काचेच्या नळीत एक धातूचा दंडगोल असतो, त्याच्या मध्यात एक विद्युत्‌भारित तार सोडलेली असते. नळीतून जेव्हा केव्हा कण जाऊ लागतात त्यांना उत्सर्जित (डिसचार्ज) करून ती तार तिथल्या हवेला वीजवाहक बनवते. तांत्रिक भाषेत सांगायचे म्हणजे त्यांचे आयनीकरण करते.

दुसरे उपकरण म्हणजे विल्सन यांनी बनवलेले क्लाउड चेंबर. काचेची खिडकी असलेले हे एक भांडे असते. त्यातली हवा ही पाण्याने किंवा इतर वाफेने संतृप्त (सॅचुरेट) झालेली असते (म्हणजे त्या हवेत आणखी वाफ मिसळू शकणार नाही अशी परिस्थिती). त्या हवेचे प्रसरण करून ती एकाएकी थंड केली जाते, त्यामुळे आतली वाफ भांड्यातल्या धूलीकणांवर संघनित होते आणि भांड्यात धुके जमते. आणखी काही वेळा असे प्रसरण करून सर्व धूलीकण बाहेर टाकले जातात. नंतर आतल्या कणांच्या वेगाने फिरण्याच्या गतीमुळे ज्या रेषा उमटतात त्यावरच संघनन होत राहाते. ह्या रेषांच्या मार्गांचे फोटो काढता येतात. अणुशक्ती समितीवर प्रतिनिधित्व केलेल्या स्कोबेलझिन या सोव्हिएट युनियनच्या शास्त्रज्ञाने तसे फोटो काढले तेव्हा हे किरण म्हणजे कणांच्या रेषा आहेत हे लक्षात आले. अगदी अलीकडे ब्रिस्टल येथील पॉवेल या वैज्ञानिकाने फोटोंच्या अशा विशेष पट्टिका विकसित केल्या. त्यांच्यावर उमटलेल्या वैश्विक किरणांचे सूक्ष्मदर्शक यंत्रातून परीक्षण करता येते.

या परीक्षणाचे विवरण एल. जानोसीच्या अलीकडे प्रसिद्ध झालेल्या पुस्तकात वाचायला मिळते. (वैश्विक किरण आणि न्युक्लिक पदार्थविज्ञान असे त्या पुस्तकाचे नाव आहे) पदार्थविज्ञानाचा ज्यांना परिचय आहे अशांना ते वाचायला आवडेल. पण MeV म्हणजे दहालाख इलेक्ट्रॉन व्होल्ट हे माहीत असल्याशिवाय त्या पुस्तकाच्या दुसऱ्या पानाच्या पुढे वाचक जाऊ शकणार नाही. शिवाय या पुस्तकात कितीतरी चुका आहेत. उदाहरण घ्यायचं तर पाचव्या पानावर दिलेली गॅमा किरणांची व्याख्या.

पुष्कळसे गैगर-मुलर काउंटर घेऊन ते एकत्रित ठेवले, ते जर एकदम गळायला लागले तरच एक प्रवाह वाहू लागेल. समजा एका ओळीत चार काउंटर ठेवले आणि त्या सगळ्यांच्यातून एकच कण गेला तर ते लगेच गळू लागतील. ओळीतला एक काढून घेतला तर गळण्याची घटना कमी प्रमाणात होईल. काउंटरांच्या वरच्या बाजूला तीन ते पाच सें.मी. जाडीचा शिशाचा पडदा ठेवला तरी गळण्याच्या घटना कमी होतील. हा पडदा जर काउंटरांच्या खालच्या बाजूला लावला तर मात्र काहीच फरक पडत नाही. ह्यावरून असे दिसते की कण जमिनीवरून न येता आकाशातून येतात. असले दहा-बारा काउंटर घेऊन त्यांच्या बॅटऱ्या लावल्या तेव्हा असे आढळून आले की शिशाचा पडदा आकाशाकडून येणाऱ्या कणांना अडवतो, पण तिथे दुसऱ्या कणांचा वर्षाव होतो आणि त्यामुळे काउंटरपैकी निदान पाच तरी एका वेळी गळू लागतात.

मॅचेस्टरचे ब्लॅकेट आणि फॅसिझमपासून पळून आलेले रोसी आणि ओकियालिनी यांच्यासारखे वैज्ञानिक हे बहुतांशी वैश्विक किरणांबद्दलच्या आजच्या सिद्धांताला कारणीभूत झाले आहेत. ब्लॅकेट आणि ओकियालिनी यांनी एक प्रयोग केला. त्यात कुठल्याही काउंटरमधून कण गेला की फोटो काढता यावा म्हणून त्यांनी विल्सनचा क्लाउड चेंबर आणि गैगर-मुलरचे काउंटर एकत्रित करून ठेवले.

ह्या फोटोवरून कोणते कण २.५ सें.मी. जाडीच्या शिशाच्या पडद्यातून जाऊ शकतात हे कळू शकले. ५ सें.मी. जाडीच्या पडद्यातून कोणते कण जातात हे मात्र त्यांना तिथे दिसू शकले नाही. वेगवेगळ्या पद्धतींनी कणांचा वेग काढणेही त्यांना साधले. त्यातली समजायला सगळ्यात सोपी पद्धत म्हणजे चुंबकाची. चुंबक हा विद्युत्भारित कणांना त्यांच्या सरळ रेषेतून ओढून घेईल. कणांचा वेग जेवढा अधिक आणि त्याचे वजन जेवढे जास्त तेवढे ओढण्याचे प्रमाण कमी होते.

लंडनमधल्या बर्कबेक महाविद्यालयातल्या ब्लॅकेटच्या प्रयोगशाळेमधला चुंबक हा सर्वात शक्तिशाली आणि कायमस्वरूपी होता. आज सर्वात शक्तिशाली चुंबक आर्मेनियातील माउंट अलाघेज येथे आहेत. तेथे अलिखन्यान आणि अलिखनोव्ह हे दोघे आर्मेनियन भाऊ काम करतात. आपल्या नावामुळे गोंधळ होऊ नये म्हणून एकाने आपल्या नावाला ओव्ह हा रशियन प्रत्यय लावला.

क्लाउड चेंबरचे फोटो तपासले तेव्हा अनेक प्रकारच्या कणांनी हे किरण बनल्याचे आढळून आले. त्यात धनात्मक आणि ऋणात्मक असे दोन्ही प्रकारचे इलेक्ट्रॉन होते. त्या कणांत काही वजनदार कणही होते. पूर्वी सर्व कण एकाच वजनाचे असावेत अशी समजूत होती, त्यांना मेसन म्हणत. मेसन दोन प्रकारचे असतात हे आता स्पष्ट झालंय.

अलिखन्यान आणि अलिखनोव्ह यांच्या मताने इलेक्ट्रॉनहून जड असे कमीतकमी १५ प्रकारचे कण आहेत. त्यांपैकी काहीचे वजन प्राणवायू किंवा नत्रवायूच्या अणूइतके असते. प्रकाशाच्या वेगाशी तुलना होईल असा त्यांचा वेग असतो. सेकंदाच्या दशलक्षांश वेळापेक्षा कमी वेळात त्यांचे भंजन होते. पण तेवढ्या वेळातसुद्धा ते ३० एक मीटर पुढे जातात. डब्लिनमध्ये जानेसी काम करतो आणि त्याने या अलीकडच्या सोव्हिएट संशोधनाचा कुठेही उल्लेख केलेला नाही. जानोसीने पुस्तक लिहिले त्यापूर्वीच ते संशोधन प्रकाशित झाले होते. जानोसीने ती माहिती दडपून टाकली असे मी म्हणणार नाही. पण डब्लिनमध्ये त्याविषयी गुप्तता राखली होती असे दिसते.

इलेक्ट्रॉनपेक्षा जड असलेल्या ह्या कणांपैकी बहुतेक कण अणूपेक्षा हलके असतात. आण्विक केंद्रकांच्या बांधणीत त्यांचा सहभाग असतो. आणि जेव्हा अणुस्फोट होतो तेव्हा बाहेर फेकल्या जाणाऱ्या वस्तूंबरोबर हे कणही असतात.

त्या कणांच्या संशोधनातून आजपर्यंत फक्त अणुबाँब मिळाल्याने त्या संशोधनाचा

संबंध फक्त विध्वंसाशी जोडला जातो. पण त्या संशोधनाचा उपयोग शांततेकरताही करता येईल.

वैश्विक किरणांचा उगम पूर्णतया गूढ आहे. मुळातल्या ज्या कणांमुळे हे किरण निर्माण झाले त्यांतले बहुतेक कण उंचावरच्या हवेत तरंगत असतात. हवेतून जाताना जे कण अणूवर आपटतात आणि तेवढेच आपल्याला समुद्रसपाटीवर दिसतात. तेसुद्धा सर्व दिशांनी सारख्या प्रमाणात येत नसतात. पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्रामुळे काही किरणांचे विक्षेपण (डिफ्लेक्शन) होते हे लक्षात घेऊनही ते किरण सूर्य किंवा आकाशगंगा अशा ठराविक बाजूंनी येत नाहीत असे आढळते. वैश्विक किरणांकडून पृथ्वी जेवढी उष्णता (एनर्जी) शोषून घेते ती सर्व ताऱ्यांच्या एकत्रित प्रकाशाकडून मिळणाऱ्या उष्णतेहून अधिक असते. हे पाहिल्यानंतर वैश्विक किरणांबद्दलचे गूढ ही विश्वाबद्दलच्या आपल्या ज्ञानातली एक उणीवच ठरते. खरे तर वैश्विक किरणांबद्दलच्या माहितीची ही केवळ सुरुवात आहे. पन्नास वर्षांपूर्वी किरणोत्साराचा अभ्यास आपल्याला कुठे नेत आहे हे जितपत कळत होते तितकेच आज वैश्विक किरणांचे ज्ञान आपल्याला कुठे नेणार आहे याबद्दल कळत आहे. पण जे ज्ञान मिळाले त्याचा उपयोग माणसाच्या नाशाकरता न करता सुखाकरता करणे हे आपल्या हातात आहे.





## पृथ्वी चुंबक का आहे ?

१९ व्या शतकात वैज्ञानिक पदार्थांच्या वेगवेगळ्या गुणधर्मांना जोडणाऱ्या षडामोडी सतत शोधत होते. ते करता करता ठराविक नियमानुसार उष्णता आणि चुंबकत्व निर्माण करणाऱ्या विद्युत प्रवाहांचा शोध लागला. त्याउलट उष्णतेतले फरक आणि बदलते चुंबकीय क्षेत्र यातून विद्युत प्रवाह निर्माण होत असतात असेही दिसून आले. या घटनांचा ओहम आणि फॅरडेसारख्या वैज्ञानिकांनी अर्थ लावला. त्याकरता जे नाट्यपूर्ण प्रयोग करण्यात आले ते प्रयोग पुन्हा केव्हाही करून बघता येण्याजोगे होते. हे प्रयोग पुष्कळशा आधुनिक उद्योगांना पायाभूत ठरले आहेत. डायनामो आणि विजेची शेगडी ही त्याचीच उदाहरणे आहेत. पदार्थांच्या वेगवेगळ्या गुणधर्मांतील संबंध दाखवण्याकरता विकसित केलेली ती उपकरणे होती.

विसाव्या शतकात अशा प्रकारचे शोध लावले गेले. विद्युत प्रवाह सोडल्यावर होकार्यत्राच्या सुईची हालचाल किंवा झळाळणारी तार जशी दाखवता येते तसे ते शोध साध्याशा प्रयोगाने दाखवता येण्यासारखे नाहीत. याचे कारण म्हणजे हे शोध अति लहान आणि अति मोठ्या पदार्थांच्या गुणधर्मांबद्दलचे आहेत आणि त्यांचे होणारे परिणाम हे सामान्य मोजपट्टीवर अप्रत्यक्षपणे होत असतात. कधी ते पदार्थ फार लहान असतात, उदाहरणार्थ, रेडिओ व्हॉल्वमधला तापलेला तंतू इलेक्ट्रॉन बाहेर टाकतो, हे इलेक्ट्रॉन आपल्याबरोबर एक प्रवाह नेतात... व्हॉल्वच्या दुसऱ्या भागातील बदलाप्रमाणे त्या प्रवाहात बदल करता येतात. तिथे नक्की काय होते हे समजून घेण्याकरता इलेक्ट्रॉनच्या बाजूने विचार करायला शिकले पाहिजे. विद्युत प्रवाहांच्या मानाने ते आपल्याला कमी परिचित असतात. एवढेच नाही, तर मानवी ज्ञानेन्द्रियांनी ते समजून घेणे अधिकच

अवघड आहे. कधी कधी पदार्थ अति मोठे असतात. त्यांचे गुरुत्वक्षेत्र हे प्रकाश किरणाला वाकवते, आणि त्याचा रंगही बदलते, हे दाखवता येते. पण ते सिद्ध करण्याकरता दुर्बिणीतून सूर्य व ताऱ्यांची निरीक्षणे करावी लागली आणि फोटोच्या पट्टिकांवरून अतिशय काळजीपूर्वक मोजमापने घ्यावी लागली.

१५ मे १९४७ या दिवशी प्राध्यापक ब्लॅकटने रॉयल सोसायटीमध्ये एक सिद्धांत मांडला. सगळे परिवर्तन करणारे पदार्थ हे चुंबकीय क्षेत्र निर्माण करतात, हा कदाचित पदार्थांच्या गुणधर्मांतील माहीत झालेला नवा संबंध असेल. ह्या सिद्धांताकरता त्याने कोणताही प्रयोग दाखवला नाही. पृथ्वी, सूर्य आणि काही तारे यांच्या चुंबकत्वावरच त्याचा सिद्धांत आधारला होता. पृथ्वी हा एक चुंबक आहे हे अनेक वर्षे माहीत होते. त्यामुळेच तर होकार्यत्राच्या सहाय्याने आपण आपला मार्ग शोधू शकतो.

ग्रहणाच्या वेळी सूर्याचा कोरोना दिसतो त्यातल्या पट्ट्यांवरून सूर्य चुंबक आहे अशी पहिल्यांदा शंका आली. चुंबकत्व असलेल्या पोलादी गोळ्याजवळ ठेवलेला लोखंडाचा कीस ज्या रचनेत बसतो तशीच त्या पट्ट्यांची रचना असते. मूलद्रव्याचा वर्णपट चुंबकीय क्षेत्रामुळे बदलतो असे जेव्हा झीमनने दाखवून दिले तेव्हा सूर्य चुंबक असल्याचे सिद्ध झाले. चुंबकाच्या दोन ध्रुवांमध्ये जर सोडियमची रंगीत ज्योत धरली तर तिचा वर्णपट जसा बदलतो तसा सूर्याचा वर्णपटही बदलतो. पृथ्वीपेक्षा सूर्य हा अधिक शक्तिशाली चुंबक आहे. त्याचे चुंबकीय क्षेत्र पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राच्या शंभरपटीने बलवान आहे. आणि त्याचा चुंबकीय आघूर्ण (मॅग्नेटिक मोमेंट) पृथ्वीच्या चुंबकीय आघूर्णाच्या दहाकोटींनी मोठा आहे.

अमेरिकेतल्या माउंट विल्सन वेधशाळेतल्या बॅबकॉक यांनी एका ताऱ्याचा वर्णपट तपासला. हा तारा खूप वेगाने परिवर्तन करतो असे मानले जाई. त्याच्या वर्णपंक्ती रेषा वाकलेल्या दिसून आल्या. हे वाकणे सूर्याच्या वर्णपंक्तींच्या मानाने कितीतरी अधिक प्रमाणात होते. हा तारा आपल्या अक्षाभोवती दिवसातून जवळजवळ एक फेरी पूर्ण करतो आणि त्याचे चुंबकीय क्षेत्र सुमारे १५०० गाउस इतके आहे. या प्रमाणावरचे चुंबकीय क्षेत्र बरेच बलवान समजले जाते. पृथ्वीचे चुंबकीय क्षेत्र जर इतके बलवान असते तर पोलादी जहाजे होकार्यत्राच्या काट्याप्रमाणे दक्षिणोत्तर उभी राहिली असती, आणि त्यांना वळवणे महाकठीण झाले असते.

काही लहान ताऱ्यांचे चुंबकीय क्षेत्र यापेक्षा कितीतरी अधिक बलवान असल्याचे आढळून आले आहे. प्रयोगशाळेत बनवलेल्या चुंबकीय क्षेत्रापेक्षाही ते अधिक बलवान असते, मग उद्योगात वापरलेल्या क्षेत्राची काय कथा? पण त्या ताऱ्यांच्या चुंबकीय क्षेत्राचे मोजमापन अजून झालेले नाही. बॅबकॉकच्या त्या ताऱ्याचे चुंबकीय आघूर्ण पृथ्वीच्या  $100000 \times 1000000$  पटींनी अधिक बलवान आहे.

चुंबकीय आघूर्ण हे कोनीय संवेगाच्या बरोबर प्रमाणात असते. हा ब्लॅकॅटचा शोध आहे. म्हणजे काय ? एका वस्तूचे आकारमान व आकार आणि त्याच्या परिवलनाचा वेग माहीत असेल तर आपल्याला त्या वस्तूचे चुंबकीय आघूर्ण काढता येते. पृथ्वीचे आघूर्ण हा पाया धरून जर ताऱ्याचे चुंबकीय आघूर्ण मोजले तर ते ताऱ्याच्या प्रत्यक्ष चुंबकीय आघूर्णापेक्षा चाळीस टक्के जास्त असते. पण एकतर ही मापने अचूक नाहीत आणि दुसरे म्हणजे १०००० दशलक्षांच्या एका घटकात ४० टक्के चूक ही गंभीर बाब नव्हे. थोडक्यात सांगायचे तर, प्रत्येक परिवलन करणारी वस्तू ही चुंबक असते. पण परिवलन करणाऱ्या विद्युत प्रभाराने चुंबकत्व प्राप्त होत नाही. पृथ्वीला चुंबक बनण्याकरता जर असा प्रभार आवश्यक असता तर पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील प्रत्येक २.५ सें.मी.वर लक्षावधी व्होल्ट्सचे विद्युत क्षेत्र तयार झाले असते.

हा सिद्धांत जर खोटा असेल तर प्रयोगशाळेत त्याचे प्रात्यक्षिक का करता येऊ नये? असा प्रश्न विचारता येईल. हा प्रयोग करण्याकरता फ्लायव्हील किंवा गोलक अशा वस्तूचे परिवलन इतके वेगात करावे लागेल की तो गोलक फुटण्याच्या बेताला येईल. त्यासाठी पोलाद वापरता येणार नाही, पण एखादा अवाहक पदार्थ किंवा धातू वापरता येईल. सुमारे नऊ मीटर व्यासाचा ब्रॉझचा गोलक जास्तीत जास्त वेगाने फिरवला तरी निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्र हे १/१००००००० गाउस इतकेच असेल. त्याचे अचूकपणे मापन करणे सोडाच, पण ते क्षेत्र सापडविणेही अवघड होईल. म्हणून अशा प्रकारचे प्रयोग पुढच्या पुष्कळ वर्षांत करता येतील असे वाटत नाही. पण त्या सिद्धांतामुळे न्यूट्रॉन हा विद्युत्भारित नसतानाही चुंबकासारखा का वागतो हे कळेल आणि अणूच्या केंद्रकावर चाललेल्या कामात मदत होईल. आइनस्टाइनच्या सापेक्षतावादाच्या सिद्धांतापेक्षा या सिद्धांताने विश्व विज्ञानाची चौकट ठरविण्यास अधिक मदत होईल. गुरुत्व आणि विद्युत चुंबकत्व यांची तर्काला पटेल अशी सांगड घातली जाईल.

ब्लॅकॅटने हे काम केले तेव्हा तो विज्ञान कामगारांच्या असोसिएशनचा अध्यक्ष होता. अशा युनियनचा अध्यक्ष होण्यास योग्य ठरणारा माणूस एका विशिष्ट कामातच व्यग्र असून चालत नाही. जो आपल्या भोवतालच्या परिस्थितीवर लक्ष ठेवून असतो तोच विश्वाबद्दलच्या नवनवीन घडामोडी शोधून काढू शकतो.



## प्राण्यांचे उत्पत्तिस्थान आणि वर्गवारी

मला प्राण्यांविषयी सतत प्रश्न विचारण्यात येतात. प्रश्न विचारणाऱ्यांना प्राणिशास्त्राची काहीच माहिती नसते हे त्यांच्या प्रश्नांवरून उघड होते. त्याला आपली सदोष शिक्षणपद्धतीच कारणीभूत आहे. प्राण्यांविषयी आपल्याला माहिती असणे आवश्यक आहे याला दोन कारणे आहेत. पहिले कारण म्हणजे, आपल्यापैकी पुष्कळांचा प्राण्यांशी संबंध येण्याचा संभव असतो. हा, आता आधुनिक शहरातून लोकांना तशी संधी कमी मिळते हे खरे आहे. दुसरे कारण म्हणजे, वेगळ्या प्रकारचा असला तरी माणूस हा प्राणीच आहे. इतर प्राण्यांत आणि आपल्यात कोणत्या गोष्टी समान आहेत हे कळल्याशिवाय आपली स्वतःबद्दलची जाण अपुरी राहील.

प्राण्यांची वर्गवारी करणे हे प्राणिशास्त्रज्ञांच्या सुरुवातीच्या कामांपैकी एक होते. प्रत्येक प्राणी हा एका जातीत बसतो. जाती म्हणजे समान प्राण्यांचा गट. एका जातीतील प्राणी आपले जोडीदार सहज शोधतात आणि प्रजनन करतात. प्रत्येक जातीला लॅटिन भाषेतील दोन नावे दिली आहेत. त्यातील पहिले त्याच्या प्रजातीचे असते आणि दुसरे त्यातील गट दाखवणारे असते. उदाहरणार्थ, गटारातल्या उंदरांना मस नॉर्वेजिकस, जहाजातल्या उंदरांना मस रॅटस तर घरातल्या उंदरांना मस मस्कलस अशी नावे आहेत. जाती हे एक जीवशास्त्रीय वास्तव असते (ते तसे असायला पाहिजे). प्रजाती म्हणजे त्यातील सोयीकरता केलेला वर्ग आहे. काही शास्त्रज्ञ घरातील उंदरांची वेगळीच प्रजाती ठरवतात.

सारख्या प्रजाती एकाच कुलात घालतात, सारखी कुले एका कोटीत, सारख्या कोटी एका वर्गात, आणि सारखे वर्ग हे एका वंशा(फायलम) मध्ये मोडतात. अशी

ही वर्गवारी आहे. उदाहरणाने सांगायचे तर मस ही प्रजाती म्युरिडे या कुलात मोडते, या कुलात उंदरासारखे अनेक प्राणी येतात. खारी, साळू, बीव्हर यांसारख्या सर्व प्राण्यांना वेऊन हे कुल रोडेंटिया या कोटीत समाविष्ट होते. रोडेंटिया म्हणजे कुरतडणारे. हे सर्व कुरतडणारे प्राणी मेंमलिया-सस्तन- या वर्गात येतात. सस्तन प्राणी उष्णरक्ताचे व केसाळ असून ते आपल्या पिल्लांना अंगावरचे दूध पाजतात. व्हर्टिब्राटा वंशातल्या प्राण्यांना पाठीचा कणा असतो आणि इतरही समान गुणधर्म असतात. त्यांना पृष्ठवंशीय प्राणी असे म्हणतात. व्हर्टिब्राटा या वंशातला सस्तन प्राणी हा एक वर्ग आहे. ह्या वर्गवारीमध्ये उपवर्ग, उपकोटी असे आणखीही भेद आहेत.

प्रथम सोईकरता अशा प्रकारची वर्गवारी केली गेली, जशी भाषेत शब्दांची नामे, विशेषणे वगैरे वर्गवारी करतात तशी. उत्क्रांती सिद्धांत जेव्हा मान्य झाला तेव्हा प्राणिशास्त्रज्ञांनी ज्या प्राण्यांना समान पूर्वज होते त्यांना एका वर्गात घालण्याचा प्रयत्न केला. सर्व सस्तन प्राणी हे सरपटणाऱ्या जातीच्या प्राण्यांचे वंशज असणे शक्य आहे. सरपटणाऱ्या प्राण्यांपैकी काहींचे अवयव बदलत गेले आणि इतरांचे होते तसेच राहिले. शब्द, रासायनिक संयुगे किंवा माणसे यांच्या वर्गवारीपेक्षा हा काही वेगळाच प्रकार आहे. सर्व विशेषणे ही एका विशेषणाचे वंशज आहेत असा कोणीच विचार करणार नाही, उलट काही विशेषणे नामापासून (लाकडी-लाकूड), तर काही क्रियापदापासून (वाचनीय-वाचणे) बनलेली असतात. पण त्या कल्पनेच्या पुसटशा पाऊलखुणा आपल्याला कधी कधी आढळत असतात. आता इस्रायलच्या वंशजांना ज्यू म्हणतात पण कितीतरी ज्यू माणसे इस्रायलचे वंशज नाहीत. तेव्हा ज्यूंचे पूर्वज हे समिश्र होते एवढेच म्हणता येईल.

आताची प्राण्यांची वर्गवारी ही असायला पाहिजे तेवढी तर्कशुद्ध नाही. जशी अधिक माहिती मिळेल तशी ती वर्गवारी तर्कशुद्ध होत जाईल. सरपटणाऱ्या प्राण्यांपासूनच सस्तन प्राणी आणि पक्षी उत्क्रांत झाले आहेत हे आपल्याला माहीत आहे. कारण त्या दोन्हींच्या मधल्या स्वरूपांचे जीवाश्म आपल्याला मिळाले आहेत. त्यावरून सुसर आणि पक्षी ह्यांचे नाते हे सुसर आणि कासवापेक्षा अधिक जवळचे आहे हे स्पष्ट झाले आहे. या तीनही प्राण्यांचा समान पूर्वज शोधण्याकरता आपल्याला भूतकाळात अधिक खोल जावे लागते, त्यामानाने सुसर आणि पक्षी यांचा पूर्वज शोधायला इतके खोल जावे लागत नाही. सगळ्या सजीव प्राण्यांचा एक पूर्वज असण्यापेक्षा सरपटणाऱ्या प्राण्यांचा वर्ग उत्क्रांतीच्या एका विशिष्ट पातळीवरच राहिला असणे अधिक शक्य आहे. अशा प्रकारच्या गटाला श्रेणी (ग्रेड) म्हणतात.

या लेखमालेत मी प्राण्यांच्या मुख्य गटांचे वर्णन करणार आहे. त्यापूर्वी प्राणी म्हणजे काय हे तपासले पाहिजे. सोप्या भाषेत सांगायचे तर आपल्या आपण हालचाली

करू शकणारा सजीव म्हणजे प्राणी. आणि हे बहुतेकवेळा खरे असते. फक्त जवळजवळ सगळे प्राणी अशा एका स्थितीतून जातात, जेव्हा त्यांना हालचाल करता येत नाही. जन्म होण्यापूर्वीच्या आयुष्यातील पहिले काही महिने आपण काहीच हालचाल करू शकत नाही. तसेच आयुष्याच्या शेवटीही अगदी कमी हालचाल करतो. ऑइस्टर लहान असताना जोरजोरात पोहोतो पण नंतरचे बहुतेक सगळे आयुष्य तो दगडावर चिपकून पडलेला असतो. सर्वात नवलाची गोष्ट म्हणजे काही सूक्ष्म वनस्पती आयुष्यभर इकडेतिकडे पोहोत असतात आणि समुद्रगवतासारख्या (सीव्हीड) मोठ्या वनस्पतीच्या आयुष्याची सुरवात सूक्ष्म पोहोण्याने होते.

आहाराच्या मुद्द्यावर काही जणांनी वर्गवारी करण्याचा प्रयत्न केला. बहुतेक वनस्पती सूर्यप्रकाश आणि कर्बोद्विप्राणिल वायू यांचा उपयोग करून अन्न बनवतात तर बाकी सर्व प्राणी एकतर वनस्पती किंवा इतर प्राण्यांना खाऊन उपजीविका करतात. बुरशीचा समावेश वनस्पतीत केलेला असला तरी बुरशी ही इतर वनस्पती किंवा प्राणी यांच्यावर गुजराण करते.

थोडक्यात म्हणजे काटेकोरपणे असा फरक करता येत नाही. अतिसूक्ष्म प्राण्यांच्या एका गटाला फ्लॅजेल्ला म्हणतात. हे एकपेशीय प्राणी अंड्यातून बाहेर निघालेल्या बेडकासारखे दिसतात. त्या अवस्थेतल्या बेडकाला शेपटीसारखा एक अवयव असतो. हे एकपेशीय प्राणी आपली चाबकासारखी दिसणारी शेपटी हलवून पोहोतात. या सूक्ष्म जीवांपैकी काही वनस्पतीच असतात. पाणी, प्रकाश, कर्बोद्विप्राणिल वायू आणि क्षार एवढ्यांचीच त्यांना जरूर असते. काही निश्चितपणे प्राणी असतात, त्यांना तोंड असते आणि त्या तोंडानेच ते इतर वनस्पती व प्राणी खातात. त्यांपैकी काहीजण पाण्यातल्या अन्नावर गुजराण करतात, पण त्यांना तोंड हा वेगळा अवयव नसतो.

जीवशास्त्रज्ञांच्या मते प्राण्यांची वेगवेगळी रूपे ही वनस्पतींपासूनच उत्क्रांत झाली आहेत. वनस्पती प्राण्यांच्या पूर्वीपासूनच अस्तित्वात आहेत. वनस्पती प्राण्यांशिवाय जगू शकतात कारण अन्न म्हणून त्यांना प्राण्यांची गरज नसते. पण प्राण्यांना मात्र अन्न म्हणून वनस्पतींची जरूर असते. प्रयोगशाळेत वनस्पतीपासून या सूक्ष्म गटाचे प्राणी बनवणे हे अलीकडच्या काळात शक्य झाले आहे. तसा प्रयत्न पुष्कळदा फसतो. पाण्याचा रंग हिरवा करून टाकणारे वनस्पतीजन्य फ्लॅजलेट अंधारात राहिले आणि अन्न म्हणून साखर खात राहिले तरी त्यांचा रंग हिरवाच रहातो.

अंधारात राहून कित्येक वर्षे लोटली आणि हजारो पिढ्या जन्मल्या तरी त्यांचा रंग हिरवाच रहातो. काही फ्लॅजलेट अंधारात आपला हिरवा रंग गमावतात, पण पुन्हा त्यांना प्रकाशात आणले की काही तासांत ते पुन्हा हिरवे होऊन जातात. हे सर्व वाइझमनच्या सिद्धांताप्रमाणे होत असते.

फ्लॅजलेटना हिरवे प्लॅस्टिड नावाचे पुष्कळ अवयव असतात, या अवयवांचा उपयोग करूनच ते प्रकाशापासून अन्न बनवतात. एक प्रकारचे फ्लॅजलेट अंधारात ठेवले तर त्यांच्या प्लॅस्टिड अवयवांची संख्या कमी होते. ती इतकी कमी होते की ह्या पेशी जेव्हा द्विगुणित होतात तेव्हा त्यांतल्या एकाला एकदेखील प्लॅस्टिड मिळत नाही. लामार्क आणि डार्विन आपल्याला सांगतात की अवयव कधी नाहीसे होत नाहीत, पण इथे तर न वापरल्याने एक अवयव नाहीसा होतो असा अनुभव आहे. या प्लॅस्टिडवाचून जन्मलेल्या पेशीचे वंशज कधीही हिरवे होत नाहीत. त्यांना अन्न मिळाले नाही, तर ते मरून जातात, पण प्रकाशापासून अन्न बनवत नाहीत.

अनेक प्रसंगी वनस्पतींपासून प्राण्यांची उत्पत्ती झाली असणे शक्य आहे. ती अशा एकाएकी घडलेल्या बदलाने शक्य होते. किंवा पहिले प्राणी हे फ्लॅजलेट असण्याची शक्यता नाकारता येणार नाही. तसेच आपण निश्चितपणे म्हणू शकतो की, वेगवेगळे प्राणी जरी निरनिराळ्या वेळी उत्क्रांत झाले असले तरी प्रत्येक वंशावळीतले पहिले प्राणी हे एकपेशीय होते. एकपेशीय आणि अनेकपेशीय प्राणी यांच्यात फार फरक असत नाही. एकपेशीय प्राण्यांना प्रोटोजोआ किंवा 'पहिले प्राणी' म्हणतात. ह्यांतले बहुतेक प्राणी सूक्ष्मदर्शकाशिवाय दिसत नाहीत. पण ते पर्वत बांधू शकतात, साम्राज्ये उलथीपालथी करू शकतात. म्हणून ते महत्त्वाचे ठरतात.



## प्राथमिक अवस्थेतील प्राणी

एकपेशीय प्राण्यांना प्रोटोजोआ म्हणतात. ते प्राणी अस्तित्वाच्या अगदी प्राथमिक अवस्थेत जगतात. उत्क्रांतीच्या पहिल्या टप्प्यात सर्व प्राणी एकपेशीय होते, याचे अनेक पुरावे आहेत. एकपेशीय जीवांपासून वनस्पती उत्क्रांत होण्यासाठी फार काळ लागला नाही, पण त्यांच्यापासून बहुपेशीय प्राणी उत्क्रांत होण्यासाठी पुष्कळ अवधी लागला. एका जीवाणूच्या विभाजनाने द्विगुणित होणारे आणि मुकुलनाद्वारे प्रजनन होणारे असे दोन अपवाद सोडले तर आजही सर्व प्राणी आपले जीवन एका पेशीपासून सुरू करतात. तुम्ही-आम्ही एका पेशीतूनच वाढलो आहोत. आपल्या पूर्वजांची उत्क्रांती ज्या टप्प्यातून झाली ते टप्पे ढोबळमानाने आजही प्राण्यांच्या व्यक्तिगत विकासात अनुभवायला मिळतात. उदाहरणार्थ, जन्म घेण्यापूर्वीच्या स्थितीत आपल्याला शोपूट असते आणि आपल्या अंगावर केसांचे आवरण असते. आपले पूर्वज एकपेशीय होते हे सिद्ध करण्याकरता हे विधान मांडले जाते. कॅब्रियन<sup>१</sup> कालापूर्वीच्या दगडात प्रोटोजोआचे जीवाश्म मिळाले आहेत, इतर गटातल्या जीवाश्मांचे अवशेष मिळण्याच्याही अगोदर हे जीवाश्म मिळाले होते. बहुपेशीय प्राण्यांइतके तर ते प्राचीन आहेतच, पण कदाचित त्याहूनही अधिक प्राचीन असण्याचा संभव आहे.

आज जे प्रोटोजोआ अस्तित्वात आहेत त्यांचे चार वर्ग पाडतात. पहिला आणि सर्वात प्राचीन वर्ग म्हणजे फ्लॅजलाटा, हे आपल्या शोपटीने फटकारे मारून पोहोतात. घाणेरड्या पाण्यात ते असतातच, पण माणसाच्या किंवा प्राण्यांच्या रक्तातही ते सापडतात. ह्या फ्लॅजलाटांच्या एका गटाला ट्रायपानोसोमीस म्हणतात. हा गट म्हणजे आफ्रिका खंडाचा एक शापच आहे, ह्या ट्रायपानोसोमीसमुळे माणसांना झोपेचा रोग होतो

आणि इतर प्राण्यांना अनेक रोग होतात.

रायझोपोडा या वर्गाला काही लोक अधिक प्राचीन समजतात. पण काहीजणांच्या मते फ्लॅजलाटापासून रायझोपोडा उत्क्रांत झाले असावेत, कारण रायझोपोडांना लहानपणी फ्लॅजला किंवा चाबकासारखे अवयव असतात. ओलसर मातीत वावरणारा अमिबा या वर्गात येतो. हा जिवणू म्हणजे सजीव पण रंगहीन चिकट पदार्थच असतो. तो सतत आपला आकार बदलतो, बॅक्टेरियासारखे लहान जिवणू किंवा मोठ्या प्राण्यांचे सूक्ष्म तुकडे गिळून गुजराण करतो. अमिबा सूक्ष्मदर्शक यंत्राशिवाय दिसत नाही. पण काही रायझोपोडा आकाराने मोठे असतात. हे रायझोपोडा चुनखडी किंवा सिलिकांमध्ये अतिशय गुंतागुंतीचे सांगाडे बांधतात. ह्या सांगाड्यांपैकी सर्वात मोठा न्युमुलाइट म्हणजे थाळीच्या आकाराचा जीवाश्म मिळालेला आहे. हे प्राणी ५०० लाख वर्षांपूर्वी समुद्रात रहात होते. त्या प्राण्यांचा आकार आणि आकारमान हे साधारण शरुपयाच्या नाण्यासारखे होते. पण त्यांनी बांधलेले सांगाडे म्हणजे चुनखडीच्या डोंगरांच्या रांगाच्या रांगा आहेत.

प्रोटोझोआंचा तिसरा वर्ग म्हणजे स्पोरोझोआ. हे परजीवी असून बीजाणूद्वारा ते प्रजनन करतात. स्पोरोझोआंच्या पुढे वाघ, लांडगे किंवा मगरी हे प्राणी गोड आणि निरुपद्रवी वाटू लागतात. स्पोरोझोआंचा एक गट हिवतापाला कारणीभूत असतो. माणसाच्या लाल रक्तपेशीत ते वाढतात आणि दर दोन-तीन दिवसांनी पेशी फोडून बाहेर येतात, त्यांची रक्तात गर्दी होते. यामुळे माणसाला ताप येतो. मानवी इतिहासात हिवतापाने आपला खोल ठसा उमटविला आहे यात शंका नाही. ब्रिटिश लोक भारतीयांपेक्षा श्रेष्ठ आहेत असे मला वाटत नाही, पण हिवतापाने जर्जर भारतीय योद्ध्यापेक्षा हिवतापाने पीडित नसलेला ब्रिटिश योद्धा निश्चितच सरस ठरतो.

उष्ण हवामानाच्या बहुतेक देशात डासांना वाढायला वाव मिळतो आणि म्हणून तिथे हिवतापाचा सतत प्रादुर्भाव होत असतो. स्पोरोझोआ डासांच्या शरीरात रहातात, डास माणसाला चावला की त्याच्या शरीरातले स्पोरोझोआ माणसाच्या शरीरात प्रवेश करतात. पटकी किंवा देवी या रोगांहून हिवताप अधिक हानीकारक आहे. एकतर तो अनेक वर्षे टिकतो आणि त्यामुळे समाजातले पुष्कळ लोक कायमचे हिवताप-पीडित बनतात. भारताचे जे प्रांत या रोगाने कायम पछाडलेले होते, त्यांच्यावर अफगाणिस्तान, फ्रान्स, इंग्लंड हे देश आपल्या लहान सैन्यानिशी आक्रमण करू शकले त्याचे एक मुख्य कारण म्हणजे त्या देशात हिवतापाचा फारसा प्रादुर्भाव नव्हता. स्वतंत्र भारताच्या सरकारच्या प्रथम हाती घेण्याच्या कामांच्या यादीत 'हिवतापाचा नायनाट' याचा अग्रक्रम लागला पाहिजे. देशाच्या संरक्षणाकरता विमानतळ किंवा लढाऊ जहाजे यांच्यापेक्षाही हिवतापाला हटवणे हे अधिक महत्वाचे शस्त्र ठरेल. स्पोरोझोआंचा आणखी एक प्रकार

आहे तो ससे आणि कोंबड्या यांसारख्या प्राण्यात काही जीवघेणे आजार निर्माण करतो.

प्रोटोझोआंचा चवथा वर्ग म्हणजे सिलियाटा. हे पाण्यात पोहोतात. त्यांना अंगभर सिलिया नामक लहान अवयव असतात. बोटीच्या बाहेर आलेली वल्ही जशी एकाच वेळी पाण्याला मारतात तसे हे सिलिया दिसतात. सिलिया एका विशिष्ट आकाराचे असतात आणि त्यांच्या पेशींचे काही भाग तोंड, पोट, मूत्रपिंड अशा अवयवांचे काम करत असतात. त्यांच्या ठिकाणी चेता-प्रणाली असण्याचीही शक्यता आहे. सांडपाण्यात हे जिवणू रहातात, साध्या डोळ्यांना कधी कधी हे लहान ठिपक्यांसारखे दिसतात. तसे सर्व प्राणी वेगवेगळ्या आकार घेत असतात, पण सिलियाटांचा आकार विलक्षणच असतो.

हे जिवणू आकाराने असममितीय असतात. या पोहणाऱ्या प्राण्यांना कान किंवा डोळे नसतात. त्यांना त्या आकाराचा फायदा होतो. (गंध आणि चव कळण्याकरता त्यांच्यात इतर काही संवेदनक्षम व्यवस्था असते म्हणूनच ते अन्न आहे त्या ठिकाणी बरोबर जाऊन पोहोचतात.) डोळे नसलेले सममितीय प्राणी सरळ रेषेत किंवा वर्तुळाकारात पोहोतात. त्यामुळे ते इष्ट जागेपासून झटकन दूर जातात, नाहीतर निघाल्याठिकाणी पुन्हा येऊन पोहोचतात. असममितीय प्राणी मात्र एखाद्या वाढीव चक्राकार मार्गाने पोहोतात त्यामुळे पाण्याच्या लहान क्षेत्रातील बहुतेक ठिकाणी यथावकाश जाऊन येतात. काही सिलियाटा दगडाला किंवा वनस्पतीला चिकटून रहातात आणि जवळून जाणाऱ्या भक्ष्याला पकडून खातात. सिलियाटांपैकी अगदीच थोडे मोठ्या प्राण्यांच्या शरीरात प्रवेश करून रोग निर्माण करतात.

प्रोटोझोआंचे प्रजनन एका साध्या पद्धतीने होते. पेशी आपला आकार दुप्पट होईपर्यंत खाते. त्यानंतर फुटून तिचे विभाजन होते आणि दोन स्वतंत्र जीव निर्माण होतात. एकेका दिवसात या पेशी दुप्पट आकाराच्या होऊ शकतात. काही वेळा दोन पेशींच्या मिलनातूनही प्रजनन होते. अशा वेळी मोठ्या प्राण्यांच्या लैंगिक प्रजननातील सर्व प्रक्रियांतून ते जातात.

त्यांच्या लैंगिक भेदाविषयी कळायला आताशी सुरुवात झाली आहे. त्यांच्यापैकी फारच थोडे नर किंवा मादी या वर्गात बसतात. काही जातींमध्ये मिलन होणारे जिवणू वेगवेगळ्या प्रकारचे असतात, ते दुसऱ्या कोणत्याही प्रकारच्या जिवणूशी मिलन करू शकतात. एका जातीतले दोन प्रकारचे जिवणू मिलन करत असतील तर त्यातल्या एकाला नर व दुसऱ्याला मादी म्हणता येईल. पण काही जिवणूत तीन तर काहीत आठ प्रकारचे जिवणू एकमेकांशी मिलन करतात. मोठ्या प्राण्यात नर व मादी असे दोनच प्रकार आढळतात. माणसात दोनापेक्षा अधिक लिंगभेद असण्याची कल्पना करणे सुद्धा अवघड आहे. अशी कल्पना एखाद्या अद्भुत कथेचा आराखडा ठरू शकेल. प्रोटोझोआंमध्ये जर तीन लिंगभेद असतील तर त्यांतले कोणतेही दोन मिलन करू

शकतात. पण जोडी एकाहून अधिक वेळा मिलन करत असल्याने तिसरा प्रकार बाजूलाच पडत असणार.

कधी कधी पेशींचे विभाजन झाल्यानंतरही त्या एकमेकींना चिकटून रहातात. अशा प्रकारे शंभर शंभर पेशींची वसाहत बनते. त्यातील सर्व स्वतंत्र असतील तर त्यात फार लक्ष घालण्यासारखे उरणार नाही. पण अशा काही वसाहतींमधल्या काही पेशी आहाराचे काम करताना आढळतात, तर काही प्रजननाचे. मोठ्या प्राण्यांत दिसून येणारे समुच्चय किंवा विशिष्ट काम करण्याचा गुण ह्यांची अगदी सुरुवात इथे आहे.

### टीप -

१. कॅब्रियन काल - या कालात कणा नसलेल्या अनेक प्राण्यांचे अस्तित्व होते, त्यांचे बरेच अवशेष सापडतात.



## जेलीफिश आणि पॉलिप

आपल्या शरीरात अनेक प्रकारच्या पोकळ्या आहेत. विशिष्ट मार्गाने उघडून त्या वातावरणाशी संपर्क साधतात. काही पोकळ्या आपल्या तोंडाद्वारे उघडतात, काही इतर द्वारांनी खुल्या होतात. पण रक्तवाहिन्यांसारख्या काही पोकळ्या कधीच बाहेरच्या वातावरणाशी संपर्क साधू शकत नाहीत, त्यांना तशी वाटच नसते. मधमाशी, गोगलगाय आणि गांडूळ इत्यादी प्राण्यांत तशीच पण अधिक गुंतागुंतीची रचना असते.

बहुपेशीय प्राण्यांच्या ढोबळ तीन गटांतील प्राण्यांना अशा पोकळ्यांचा एकच संच असतो. अतिशय प्राचीन आणि प्राथमिक स्वरूपाची शरीररचना असलेला प्राणी म्हणजे सागरात रहाणारा सच्छिद्र स्पंज. स्पंज म्हणजे अनेक पेशींचा पुंजका असतो आणि त्या पेशी लहान लहान वाहिन्यांनी जोडलेल्या असतात. स्पंजाच्या शरीरात समुद्राचे पाणी शिरते व गाळून बाहेर पडते त्या वेळी अडकलेले पदार्थ खाऊन स्पंज आपली उपजीविका करतो. आपण अंग पुसण्याकरता वापरतो तो अशाच एका प्रकारच्या स्पंजाचा सांगाडा असतो. काही स्पंजांचे सांगाडे खडूसारखे किंवा गारगोटीसारखे असतात. त्यांचा आपल्याला उपयोग होत नाही. स्पंजात अनेक प्रकारच्या पेशी असतात. त्यांतल्या काही प्रोटोझोआंच्या एका गटाशी अतिशय मिळत्याजुळत्या असतात. प्रोटोझोआंच्या एकमेकांना चिकटून बसलेल्या गटाचे वंशज म्हणजे स्पंज असावेत, एवढे तरी म्हणता येईल.

अशी साधी शरीररचना असलेला दुसरा गट म्हणजे सीलंटरेट. (आणखी काही सूक्ष्म परजीवी जिवाणूंची यात गणना होऊ शकली असती पण ते सगळेच नष्ट झाले आहेत.) सीलंटरेट गटातील सजीवांना तोंड असते, त्यांना पोटही असते. या पोटामार्फत

शरीराच्या इतर भागांशी संपर्क साधला जातो. ह्या गटातले आपल्याला माहीत असलेले सजीव म्हणजे सागरी वनस्पती आणि जेलीफिश. प्रवाळ (कोरल) याच गटात येतात आणि त्यांचे महत्त्व पूर्वी होते तितकेच आजही आहे. प्रवाळ हे सागरात बांधकाम करून इमलेच्या इमले उठवतात.

सीलंटरेटच्या देहावर शेवयांसारखे दिसणारे अनेक अवयव असतात. त्या अवयवांच्या मध्यात त्यांचे तोंड असते. त्या अवयवांचा उपयोग भक्ष्य पकडण्यासाठी होतो. शिवाय न पचलेले अन्नकण त्यातूनच बाहेर टाकले जातात. त्यांच्या शरीराच्या आवरणात (बॉडी वॉल) स्नायू असतात. लैंगिक अवयवातून निघणाऱ्या डिंबपेशी किंवा शुक्राणू कातडीतून फुटून किंवा तोंडावाटे बाहेर टाकले जातात. सीलंटरेट हे जेलीफिशसारखे पोहोतातही किंवा सागरी वनस्पती आणि प्रवाळ यांच्यासारखे एकाजागी चिकटूनही रहातात. सामान्यतः सीलंटरेट त्या दोन्ही अवस्थांतून जातात. सागरी वनस्पतींसारख्या दिसणाऱ्या सागरी प्राण्यांपासून पुष्कळ जेलीफिश निर्माण होतात. तोंडे वरच्या बाजूला ठेवून हे जेलीफिश पोहोत निघून जातात, वाढतात, आणि अंडी घालतात. त्या अंड्यांतून सूक्ष्म जीव बाहेर पडतात आणि दगडांवर चिपकून बसतात. जेलीफिशना चेताप्रणाली असते. ही प्रणाली म्हणजे मज्जातंतूंचे जाळेच असते. ते तंतू जेलीफिशच्या हालचालींवर नियंत्रण ठेवत असतात आणि म्हणूनच जेलीफिशच्या सर्व पाकळ्या एकावेळी मिटतात. हे मज्जातंतू पुष्कळदा जेलीफिशच्या डोळ्यांशी जोडलेले असतात. हे डोळे म्हणजे काय तर प्रकाशाची संवेदना होणारे अवयव. पण त्यांना डोळ्यांसारखा आकार येण्याइतके ते विकसित झालेले नसतात. जेलीफिशची योग्य ती बाजू वर ठेवण्याचे काम करणारा जो अवयव त्याच्याशीही हे मज्जातंतू जोडलेले असतात.

अशा या प्राथमिक स्वरूपाच्या प्राण्यांना काही भावना असतील किंवा ते जाणीव होण्याच्या मार्गावर असतील असे म्हणता येईल का ? त्याविषयी मला शंका आहे. आपल्या आतड्यातली चेता प्रणाली ही जेलीफिशच्या चेता प्रणालीसारखी असते. ती एका तालात आकुंचन-प्रसरण पावत असते. आतड्यातील चेता प्रणालीतील मेंदूकडे संदेश वाहून नेणाऱ्या शिरा कापून टाकल्या तर आतड्याचे आकुंचन-प्रसरण मेंदूला कळणार नाही. आतड्यात दुखू लागलं तर ते कळायला मार्ग उरणार नाही. असा थेट संपर्क असल्याशिवाय जेलीफिशला काही वेदना किंवा सुखसंवेदना कळत असतील असं मला वाटत नाही.

सीलंटरेटपासून मोठे प्राणी उत्क्रांत झाले असतील, पण सीलंटरेटनी स्वतःची उत्क्रांती करण्याचा प्रयत्न केलेला दिसतो, त्यात फारसे यश आलेले दिसत नाही. प्राथमिक अवस्थेतले सागर वनस्पतींसारखे काही प्राणी विभाजन करून द्विगुणित होतात,

पण ते वेगळे निघत नाहीत, तर प्रत्येकजण एकेका अवयवाच्या कामाची जबाबदारी उचलतो. त्यांच्या त्या वस्तीत एक प्राणी वस्ती तरंगत ठेवण्याचे काम करतो, त्याकरता तो फुग्यासारखा फुगून रहातो. काही प्राणी पोहोण्याकरता फवाऱ्याचे काम करतात, काहीजण संरक्षणाचे काम, काही खाण्याचे आणि काही प्रजननाचे काम करतात. ह्या सगळ्यांना मिळून अन्नपचनाकरता एकच नळी असते, आणि ते सगळे मिळून आपल्या मुळातल्या एकाच प्राण्यासारखे वागत असतात. अशा वस्त्यांपैकी काहीनी शीड विकसित केले आणि ते वाऱ्याबरोबर इतस्ततः फिरतात. प्राथमिक स्वरूपाचे प्राणी आपली उत्क्रांती करण्याचा प्रयत्न करतात असे जे मी वर म्हटले त्याचेच हे एक उदाहरण म्हणता येईल. पण त्या प्रयत्नातून मासा किंवा किडा यांच्यासारखा एकात्म प्राणी उत्क्रांत झालेला आढळत नाही.

सीलंटरेटचा अगदी जवळचा आप्त आहे त्याला कोंबजेली म्हणतात. पूर्वी सीलंटरेटच्या जातीतच त्याची गणना केली जाई. पण आता त्यांची स्वतंत्र प्रसृष्टी आहे असं लक्षात आलं आहे. सर्व मोठ्या प्राण्यांत आढळणारी गोष्ट म्हणजे कातडी आणि पोटाचे अस्तर यांच्यामध्ये पेशींचा एक थर असतो. त्याची सुरुवात कोंबजेलीमध्ये झालेली दिसते. तोंडाखेरीज त्यांना आणखी दोन छिद्रे असतात त्यातून निरुपयोगी झालेले पदार्थ बाहेर फेकले जातात. बहुतेक सर्व कोंबजेली पोहोणारे असतात. त्याकरता त्यांना पंखासारखे अवयव असतात. त्या पंखांच्या संख्येवरून या प्राण्यांना वेगवेगळी नावे दिली जातात. ब्रिटनच्या समुद्रात या जातीतले बरेच प्राणी सापडतात. काही कोंबजेली जेव्हा समुद्राच्या तळावरून चालतात तेव्हा प्राथमिक स्वरूपाच्या गांडुळांसारखे दिसतात. गंमत म्हणजे त्यांचा विकास हा गांडुळांच्या विकासासारखा झालेला दिसतो. त्यांच्यात आणि गांडुळांच्या पूर्वजांमध्ये साम्य असण्याची शक्यता आहे, म्हणजे मोठ्या प्राण्यांच्या पूर्वजांतही ! कोंबजेली प्राचीन काळी अस्तित्वात होते का हे माहीत नाही कारण त्यांचे अश्मीभूत अवशेष मिळालेले नाहीत. सीलंटरेट मात्र खात्रीने प्राचीन काळी अस्तित्वात होते. माणसांच्या पूर्वजांना डोळे, हातपाय, हृदय वगैरे येण्यापूर्वी ते सीलंटरेट या अवस्थेतून गेले असण्याची शक्यता आहे.

बहुतेक सीलंटरेटच्या बोटोंसारख्या अवयवात डंख मारणाऱ्या पेशी असतात. असे डंख मारून आपल्या जवळ येणाऱ्या अति लहान जिव्यांना ते कमकुवत करतात आणि मग त्यांना पकडून त्यांच्या तोंडात आपली शेवईसारखी बोटें खुपसतात.

सीलंटरेट हे एका जागी खिळून बसतात किंवा उगाच इकडे-तिकडे तरंगत रहातात आणि जवळ येणाऱ्या भक्ष्याला खातात. आणि ज्या अर्थी ते जगतात त्या अर्थी हा जीवनमार्ग त्यांना सुकर असावा. आपले दुर्बल स्नायू, प्राथमिक अवस्थेतील चेता प्रणाली आणि आपल्या सभोवताऱ्या परिस्थितीचे अज्ञान या सगळ्यांनिशी ते आयुष्य घालवतात.

सीलंटरेट हे आपल्या सभोवतालच्या परिस्थितीवर पूर्णतया अवलंबून जगतात. परिस्थिती बिघडली तर ते स्थलांतर करू शकत नाहीत किंवा अन्नाच्या शोधात जाऊ शकत नाहीत. त्यांना अन्नाचा उपयोग फक्त कातडी, पोटाचे अस्तर, बहुतांशी समुद्राच्या पाण्याने बनलेली जेली आणि प्रजननाकरता लागणारे पदार्थ एवढ्याकरताच असतो. सीलंटरेटपैकी प्रवाळ हे प्राणी सर्वात यशस्वी झालेले दिसतात. ते किनाऱ्यावर पाण्यात रहातात. तिथे लाटांबरोबर सतत भक्ष्ये येत रहातात. या प्राण्यांपैकी फारच थोड्यांनी गोड्यापाण्यात वस्ती केली आहे आणि जमिनीवर तर कुणीच रहात नाही. खरं तर, प्रवाळ हे अपूर्ण विकास झालेले जीव आहेत आणि म्हणूनच ते उत्क्रांतीच्या अभ्यासकाला फार महत्वाचे वाटतात.



## विविध जंत१

साठ वर्षांपूर्वी प्राणिशास्त्रज्ञांनी अनेक प्राथमिक प्राण्यांना जंत या वर्गात समाविष्ट केले होते. आज प्राथमिक प्राण्यांच्या १५ वेगवेगळ्या प्रसृष्टी नोंदवल्या गेल्या आहेत. त्यांतली प्रत्येक प्रसृष्टी दुसरीपेक्षा अगदी वेगळी असते. दोन प्रसृष्टींमधला फरक हा गोगलगाय आणि माशी किंवा गोगलगाय आणि मासा यांच्यातल्या फरकाइतका असतो. पूर्वीचे वर्गीकरण याच्या मानाने ढोबळ वाटले तरी त्यातही तथ्य होते. सीलंटरेटहून अधिक विकसित झालेल्या कोणत्याही प्राण्याला कातडी आणि आतडे यांच्यामध्ये काही इंद्रिये असतात. त्यांतले काही प्राणी चांगले लांब असून त्यांच्या एका टोकाला तोंड असते, पण डोके म्हणता येईल असा अवयव विकसित झालेला नसतो. या प्राण्यांपासून स्वतंत्रपणे उत्क्रांत झालेल्या बहुतेक प्राण्यांना डोके हा अवयव असतो. त्या प्राण्यांचे तीन गट पडतात. एक म्हणजे मॉलस्क, यात गोगलगाईचा समावेश होतो. दुसरा आर्थ्रोपॉड. याचा अर्थ ज्यांच्या पायांना सांधे आहेत असे प्राणी. यांत कोळी, कीटक आणि खेकडे असे प्राणी येतात. तिसऱ्या गटाला पृष्ठवंशीय प्राणी म्हणतात, त्यात माणूस व मासे यांचा समावेश होतो. जंत अनेक प्रसृष्टींचे प्रतिनिधी असतात. आणि प्रसृष्टी म्हणजे उत्क्रांतीच्या मुख्य शाखाच असतात. असे असूनही जंतांना स्वतःला कधी डोके, कठीण कवच असे वैशिष्ट्यपूर्ण अवयव आले नाहीत.

जंतांमधला सर्वात साधी शरीररचना असलेला प्राणी म्हणजे चपटा जंत. यांच्या कातडी आणि आतड्याच्या मध्ये काही इंद्रिये असतात, पण बाहेर जायला वाट नसलेल्या पोकळ्या नसतात (आपल्या रक्तवाहिन्यांसारख्या). तसेच यांच्या शरीरात मोकळी जागा किंवा कप्पा असत नाही. माणसाच्या छातीत अशी मोकळी जागा असते,



त्यात हृदय, जठर ही इंद्रिये बसलेली असतात. बहुतेक चपटे जंत हे काळे असतात. ओढे, नाले यांच्यातल्या दगडांखाली किंवा पानांमागे हे बघायला मिळतात. चपट्या जंतांपैकी परजीवी जंत हे यशस्वी झालेले दिसतात, ते इतर प्राण्यांच्या शरीरात रहातात. फ्ल्यूक आणि टेपवर्म हे चपट्या जंतांचे प्रकार आहेत.

मेंढीच्या यकृतात रहाणाऱ्या फ्ल्यूक या जंताला तोंड व इतर काही इंद्रिये असतात. तर टेपवर्म हा अतिशय हीन दर्जाचा जंत असून त्याला तोंडही नसते. प्राण्यांच्या आतड्यातील पचलेल्या अन्नरसात अंतर्बाह्य भिजून यांचा निर्वाह होत रहातो. हे दोन्ही जंत जीवनातल्या वेगवेगळ्या अवस्थेत किमान दोन आश्रितांच्या शरीरात रहातात. अंड्यातून बाहेर पडताना फ्ल्यूक हा पाण्यात असतो. तिथून तो गोगलगाईच्या शरीरात शिरून वाढतो. ठराविक वाढीनंतर गोगलगाईला सोडून तो वनस्पतीला चिकटून बसतो, अशी वनस्पती मेंढीने खाल्ली की तो तिच्या यकृतात जाऊन पोहोचतो, तिथे अंडी घालतो. ही अंडी मेंढीच्या विष्टेतून बाहेर पडतात.

माणसांना हैराण करणारा एका जातीचा टेपवर्म हा डुकराच्या शरीरात जन्मतो. डुकराचे अर्धवट शिजलेले मांस खाल्ले की तो माणसाच्या शरीरात जाऊन पोहोचतो. काही टेपवर्मच्या जाती माशांच्या शरीरात जन्मतात. पूर्ण शिजलेले मांस खाल्ले तर या जंतांना टाळता येते. टेपवर्मच्या काही जातींना एक आश्रित पुरेसा होतो, तर काही तीन तीन आश्रित बदलतात. हे टेपवर्म अनेक वर्षे जगतात आणि लक्षावधी अंडी घालतात. सुदैवाने त्यांतल्या एखाद्यातूनच टेपवर्म जन्मतो. पण त्या एकाला वाढायला पोषक वातावरण मिळते, हे आपले दुर्दैव! जंतांची आणखी एक प्रसृष्टी अकांथोसीफाला या नावाने ओळखली जाते. तिच्यातले सर्व प्राणी परजीवी असतात. माणसाच्या शरीरात यांचा फारसा प्रवेश होत नाही, हे आपले भाग्यच म्हणायला पाहिजे.

जंतांची आणखी एक महत्वाची प्रसृष्टी म्हणजे गोल जंत. गोलजंतांच्या प्रसृष्टीतले अनेक प्रकार जमिनीत सर्रास सापडतात. सूक्ष्मदर्शक यंत्राशिवाय ते नीट दिसत नाहीत. झाडांची मुळे खाऊन ते मोठीच हानी करतात. या प्रसृष्टीतल्या अनेक जातीचे जंत आकाराने मोठे असून परजीवी असतात. गोल जंतांपैकी एक किंवा दोन प्रकार माणसाच्या शरीरात केव्हाना केव्हातरी रहातात, अशा वेळी माणसाला थोडे आजारपण काढावे लागते.

अंकायलोस्टोमा हा हूकवर्म. हा माणसाचा एक मोठा शत्रू आहे. अमेरिकेतील यादवी युद्ध सेनापती ग्रॅंटने जिंकले असे म्हणण्यापेक्षा या जंतांनी जिंकले असे म्हणायला हरकत नाही. पश्चिम आफ्रिकेतून आणलेल्या गुलामांच्या पोटात हे जंत मोठ्या प्रमाणावर असत. अशा माणसांची विष्ठा उघड्यावर पडली तर त्यातून या जंतांच्या अळ्या बाहेर पडतात आणि माणसाच्या कातडीला छिद्र पाडून आत घुसतात आणि थेट आतड्यापर्यंत

पोहोचतात. तिथे रक्त शोषून ते माणसाला अॅनिमिक बनवून टाकतात. गुलामांना संडासाची सोय नसे आणि त्यांना पायात घालायला जोडेही नसत. त्यामुळे या जंतांचा त्यांना फार उपद्रव होई, पण त्यांचे मालकही त्यातून सुटले नाहीत. अंकायलोस्टोमाच्या अळ्यांना वाढण्याकरता फक्त ऊब आणि दमटपणा लागतो. त्याकारणाने कॉर्नवॉलच्या कथिलाच्या खाणक्षेत्रात या जंतांचे एकदा पेक्च फुटले होते. पण खाणकामगारांना संडासाची योग्य सोय करून दिल्याबरोबर ते काबूत आले.

नेमर्टाईन प्रसृष्टीतला जंत हा त्यातल्या त्यात बरा म्हणता येईल. ह्या सागरी प्राण्यांच्या सुमारे ४० जाती ब्रिटनच्या भोवतालच्या समुद्रकिनाऱ्यावर दगडांच्या खाली किंवा चिखलात रहातात. ह्यांना भक्कम स्नायू असतात. त्यांना दोरीसारखी एक सोंड असते. ती सोंड ते आपल्या शरीरात उलटी खुपसून ठेवतात. पण भक्ष्य जवळ आले की ती सटकून बाहेर काढतात. लांबीच्या मानाने या जंतांची जाडी फारच कमी असते. ते जंत १ सेंटीमीटरपासून २५ मीटरपर्यंत कितीही लांब असू शकतात. यांच्यातला लिनियस मॅरिनस हा जंत सर्वांत लांब प्राणी आहे. मोठ्या देवमाशाची लांबीसुद्धा २० मीटरपेक्षा कमी असते. या प्राण्याची जाडी मात्र फक्त २ सेंटीमीटर असते. आपल्या पिळदार स्नायूंना प्राणवायूचा पुरवठा करू शकेल असे नेमर्टाईनचे हृदय असते. त्यांचे रक्त लाल असते. इतर जंतांच्या मानाने त्यांची चेताप्रणाली चांगली विकास पावलेली असते. यांच्यापैकी फारच थोडे परजीवी असतात. युरोपमध्ये हे जंत जमिनीवर रहात नाहीत, पण उष्णकटिबंधात त्यांपैकी काही जमिनीवर राहू शकतात.

या जंतांचे काही लहान गट सोडून मी आता चांगल्या विकसित झालेल्या अनिलिड या प्रसृष्टीकडे वळणार आहे. ह्यांतल्या जंतांच्या शरीराचे अनेक खंड असतात. प्रत्येक खंडाची रचना त्याच्या शेजारच्या खंडासारखी पण स्वतंत्र असते. गांडुळाच्या अंगावर ज्या गोल गोल रेषा दिसतात त्या फक्त कातडीवरच्या रेषा नसून वेगळे खंड असतात, त्यांची स्वतंत्र रचना असते. प्रत्येक रचनेला आपापले स्नायू, रक्तवाहिन्या, शिरा व मूत्रपिंड असतात. यांतील काही थोड्या खंडांमध्ये लैंगिक अवयवही असतात. गांडुळाच्या अंगावर मागे वळलेले केस असतात, मातीत पुढे सरकायला ते उपयोगी पडतात. पण त्यांना पायासारखे अवयव नसतात. समुद्रातल्या अनिलिड प्रकारातल्या काही जंतांना प्रत्येक विभागावर उपांगांची एक जोडी असते. ते प्राथमिक अवस्थेतल्या पायांचे स्वरूप असू शकेल, आणि शरीराच्या पुढच्या भागात जी उपांगे असतात त्यांचे जबड्यात रूपांतर होण्याचा संभव आहे.

ह्यातल्या काहीना डोळे असतात. म्हणून प्राणिशास्त्रज्ञ त्यांच्या पुढच्या टोकाला डोके म्हणतात. गांडुळात अनेक अवस्था दिसून येतात. त्यावरूनच शरीराच्या पुढच्या टोकातील जबडा, डोळे, स्पर्शेंद्रिये एकत्रित येऊन डोके उत्क्रांत होते, हे स्पष्ट होते.

जळवा, गांडुळे आणि लगवर्म या अनिलिड प्रसृष्टीमधल्या जाती ब्रिटनमधे चांगल्या परिचित आहेत. त्यांपैकी काही समुद्रप्राणी विलक्षण आहेत, काहींना उंदरांसारखे केस असतात, तर काही वाळू चिकटून बनलेल्या नळ्यात रहातात, काही सतत पोहोत रहातात. या प्रसृष्टीमधले गांडुळांसारखे अनेक खंडांनी बनलेले प्राणी हे गोम किंवा सुरवंटाहून फार वेगळे नाहीत. कीटक आणि तत्सम प्राणी अशा अनेक खंडांच्या जंतांपासून उत्क्रांत झाले असणे शक्य आहे. पण ते सिद्ध करण्याकरता अनेक जीवाश्म मिळणे आवश्यक आहे.

पॉलिप या प्राण्याच्या अनेक प्रसृष्टी आहेत. पॉलिप हा एका जागी खिळून बसलेला प्राणी असून त्याच्या तोंडाभोवती काट्यांसारखे अवयव असतात, व्वचित एखादी चोचही असते. पॉलिपचा जीवनमार्ग हा वेगळी शरीररचना असलेल्या प्राण्यांनी स्वीकारलेला दिसतो. वेगळ्या रचनेच्या ह्या प्राण्यांना हृदय किंवा श्वसनेंद्रियेही असतात. यातली सगळ्यात यशस्वी प्रसृष्टी म्हणजे पॉलिझोआ. यातील प्राण्यांनी प्रवाळांच्या मानाने कमी असले तरी समुद्रात लेणी उभारण्याचे काम केले आहे.

## टीपा -

१. जंत - मूळच्या इंग्रजी लेखाचे शीर्षक वर्मस् असे आहे. पाठीचा कणा, हातपाय नसलेला, सरपटणारा, लिबलिबित शरीराचा प्राणी. यात गांडूळ, पोटात होणारे जंत अशा अनेक प्राण्यांचा समावेश होतो. ह्यांचा शारीरिक विकास अगदी आवश्यक तेवढाच झालेला असतो. हे प्राथमिक अवस्थेतले प्राणी आहेत.



## सांगाड्यात राहणारे प्राणी

खेकडा किंवा कुत्रा हे प्राणी गोगलगाय किंवा स्टारफिश या समुद्रप्राण्यांच्या तुलनेत श्रेष्ठ असतात. ह्याचे एक मुख्य कारण कुत्रा किंवा खेकडा यांच्या हातापायांचा सांगाडा टणक असतो आणि त्यांच्या हातापायांना सांधे असतात. सांध्यांमुळे त्यांच्या हालचालीत एक प्रकारचा नेटकेपणा आणि निश्चितपणा असतो. असे असले तरी त्या दोघांच्यात पुष्कळ फरक आहे, कुत्र्याचा सांगाडा शरीराच्या आत असतो तर खेकड्याचा बाहेर. सांधे असलेले हातपाय आणि सांगाडा शरीराबाहेर असलेल्या प्राण्यांच्या प्रसृष्टीला आर्थ्रोपॉड म्हणतात. सांगाडा बाहेर असल्याने हे प्राणी अधिक संरक्षित असतात हे खरे, पण त्यांनाही एक धोका असतो. हे प्राणी कात टाकून मोठे होतात आणि कात टाकण्याच्या वेळी ते फार फार नाजूक परिस्थितीत असतात. आर्थ्रोपॉड प्रसृष्टीचे मुख्य चार विभाग पडतात. १) ट्रायलोबाइट - या विभागातले समुद्रप्राणी संपूर्णतया नष्ट झालेले आहेत, ते बुडलाउस<sup>१</sup> या प्राण्यासारखे दिसतात. २) अराक्निड - कोळी ह्या विभागात येतात. ३) क्रस्टेशिया - या विभागात शेवंड (लॉबस्टर) या समुद्रप्राण्यांचा समावेश होतो. ४) प्रगोनिटा - या विभागात गोम आणि गोमेसारखे अनेक पायांचे सरपटणारे प्राणी आणि कीटक येतात. काही शास्त्रज्ञ आर्थ्रोपॉडांचा पाचवा विभाग करतात त्यात सुरवंटासारखा दिसणारा पेरिपॅटस हा विचित्र प्राणी येतो. हा प्राणी सुरवंटासारखा दिसतो, पण त्याचे फुलपाखरात कधीच रूपांतर होत नाही.

ऑर्थ्रोपॉड हा अनेक खंडांनी बनलेला असतो. काही खंड हे एका जागी खिळलेले असतात आणि प्रत्येक खंडावर उपांगांची एक जोडी असू शकते. या प्राण्यांच्या समोरच्या

भागात स्पर्शिकांचे किंवा अँटिनाचे काम करणारे मिश्यांसारखे अवयव असतात. अराक्निड या बाबतीत एकदम वेगळे असतात. त्यांच्या उपांगांना पंजे असतात. विंचू, कोळी वगैरे या जातीत येतात, शिवाय किंग क्रॅब नावाचा खेकडा याच जातीचा असतो. काही नष्ट झालेले समुद्रप्राणीही याच प्रकारात मोडतात. आणखी एक विचित्र समुद्रप्राणी अराक्निड विभागात येतो. पिकनगॉनिड हे त्याचे नाव असून त्याला असंख्य पाय असतात. पायांच्या तुलनेत त्याचे शरीर अगदीच यकःश्चित्त दिसते. या प्राण्याचे अन्नपचनही पायातून होते. त्याकरता पोटातून एकेक नलिका प्रत्येक पायात गेलेली असते.

क्रस्टेशिया या गटातल्या प्राण्यांना क्रस्टेशियन म्हणतात. ते डाफिन्या<sup>१</sup> किंवा पाण्यातल्या पिसवांसारखे साध्या शरीररचनेचे प्राणी असतात. यातले काही लहान प्राणी मोठ्या माशांचे अन्न बनतात. या गटात येणाऱ्या काही प्राण्यांची शरीररचना किचकट असते. त्यात कोलंबी, खेकडे व शेवंड अशा प्राण्यांचा समावेश होतो. यांच्या अनेक पायांपैकी काही स्पर्शेन्द्रियांचे, काही जबड्यांचे, काही चिमट्यांचे, काही पायांचे आणि काही पोहोण्याकरता उपयोगी पडेल असे काम करत असतात. यांच्यापेक्षा साध्या शरीररचनेचे सॅडहॉपर किंवा वुडलाइस हे क्रस्टेशियामधे येतात, पण त्यांनी जमिनीवरही बस्तान बसवले आहे. या गटातले काही प्राणी सुरुवातीला पाण्यात पोहोतात, नंतर त्यांचा ऱ्हास होऊन ते परजीवी बनतात. परजीवी झाल्यावर ते माशांच्या किंवा इतर समुद्रप्राण्यांच्या शरीरात रहातात, शेवटी त्यांचे स्वरूप एखाद्या गोळ्यासारखे होते. बार्नाकल या प्राण्याची परिस्थिती याहूनही चमत्कारिक होते. ते आपले पुढचे पाय दगडात घट्ट रोवून बसतात, आणि मागचे पाय झाडून झाडून ते अन्न तोंडात ढकलत रहातात. कालांतराने त्यांना एक चुनखडीचे कवच येते. ह्या कवचामुळे ओहोटी आणि शत्रूपासून त्यांचा बचाव होतो. वर वर्णन केलेल्या एकाही प्राण्याला डोके म्हणता येईल असा अवयव नसतो. कोळ्यांना किंवा शेवंडांना समोरच्या बाजूला तोंड, डोळे, पाय असतात आणि मागच्या बाजूला उदर असते. गोम व गोमेसारखे अनेक पायांचे प्राणी आणि कीटक यांचे डोके म्हणजे स्वतंत्रपणे हालू शकणारा अवयव असतो त्यालाच पाय जोडलेले असतात. कीटकांना चालण्याकरता सहा पाय, स्पर्शिकांची एक जोडी, तोंडाकरता उपांगांच्या तीन जोड्या असतात. त्यांना पंख असतात किंवा नसतातही. याच गटातील गोमा वगैरेंना ह्यापेक्षा कितीतरी अधिक पाय असतात.

जातींची संख्या पाहिली तर कीटक हे सर्वांत यशस्वी झाले आहेत असे म्हणावे लागते. याचा अर्थ असा की प्रत्येक जातीचे प्राणी एका विशिष्ट जीवनक्रमाशीच जुळवून घेऊ शकतो, दुसरा कोणताही मार्ग त्याला माहीत नसतो. त्यामुळे एका प्रदेशात कीटकांच्या अनेक जाती राहू शकतात, त्यांची एकमेकांशी स्पर्धा असत नाही.

कीटकांपैकी सर्वांत यशस्वी कोटी म्हणजे टणटणीत किडा - बीटल. कीटकांच्या सुमारे दहा लाख जातींपैकी निदान एक तृतीयांश तरी बीटल आहेत. ही संख्या वाढतच आहे. एका निरीक्षकाने प्रशांत महासागराच्या एकाच बेटावर पोरकिड्यांच्या ४०० नव्या जातींचे तपशील लिहिले आहेत. पोरकिडा हा लहान आकाराचा बीटलच असतो. ह्याच्याशी तुलना करताना सस्तन प्राण्यांच्या अगदीच कमी म्हणजे केवळ ८००० जाती आहेत. त्यातल्या ब्रिटनमध्ये तर फक्त ६० आढळतात.

कीटकांच्या गटात एक अगदी प्राथमिक अवस्थेतला आहे. त्याला पंख नसतात, एवढेच नाही, तर त्याच्या पूर्वजांनाही कधी पंख नव्हते. दुसरा गट आहे त्याच्या पूर्वजांना पंख होते, पण त्यातल्या पिसवांसारख्या काहीनी ते गमावलेले आहेत. पहिल्या गटात स्प्रिंगटेल आणि सिल्व्हरफिश सारखे प्राणी लहान असतात. त्यातले काही जमिनीत मोठे काम करतात.

पंख असलेल्या कीटकांचे गट स्पष्ट नाहीत. त्यांतला एक अनेक अवस्थांतून जातो, पण कोणत्याही अवस्थेत असला तरी तो कीटक आहे हे स्पष्ट दिसते. दुसरा गट म्हणजे ज्याच्या अळ्या असतात त्या कीटकांपेक्षा अगदी वेगळ्या दिसतात. टोळ, झुरळे किंवा इयरविग ह्या कीटकांची पिल्ले आपल्या मातापित्यांसारखी दिसतात. चतुराची पिल्ले पाण्याखाली रहातात, पण ते कीटकच दिसतात.

तेच गांधीलमाशीचा कोश, पाण्यात पोहोणाऱ्या डासांच्या अळ्या किंवा सुरवंट पाहून त्यांचे रूपांतर कीटकात होणार आहे अशी कल्पनाही येत नाही. अर्थात, ज्याला थोडे प्राणिशास्त्राचे ज्ञान आहे त्याची गोष्ट वेगळी. कीटकांच्या अळ्या अनेक प्रकारच्या वातावरणात राहायला शिकल्या. काही जमिनीत बीळ करतात. अशा प्रकारची एक अळी १७ वर्षे जमिनीत रहाते आणि कीटकात रूपांतर झाल्यानंतर मात्र जेमतेम दोन आठवडे जगते. काही अळ्या कुजत असलेल्या लाकडात किंवा मांसात रहातात. काही अळ्या परजीवी असून त्या कीटकांच्या किंवा क्वचित सस्तन प्राण्यांच्या शरीरात रहातात. पण ही परजीवी अवस्था त्यांना नाशाकडे नेत नाही. एका जातीतली कीटक मादी परजीवी असते, ती दुसऱ्या सुरवंटाच्या आत वाढते. योग्य आश्रित शोधण्याच्या कामात मोठी चतुर असते. टेपवर्मसारखी आश्रिताकरता ती योगायोगावर अवलंबून रहात नाही.

आणखी विशेष म्हणजे मुळात परजावी असलेला प्राणी उत्क्रांत होऊन स्वयंपूर्ण होऊ शकतो. हायमेनोप्टेरा या अतिशय प्राथमिक शरीररचना असणाऱ्या गटातले प्राणी आपली अंडी झाडात घालतात, त्यांच्या अळ्या झाडांवरच्या गाठीत, सुरवंटात किंवा कोशात (अंडी, अळी, कोश व कीटक अशा चार अवस्थांतली कोश ही एक आहे) वाढतात. ह्यापेक्षा अधिक विकसित झालेल्या कीटकांचा गट दुसऱ्याच्या कोशाला पकडून दंश करतात, तो अर्धमेला झाला की त्याच्यावर अंडी घालतात. काही गांधीलमाशा

आपल्या पिल्लांना चावून-चावून नरम झालेले मांस घालतात. मधमाशा आपल्या पिल्लांना परागकण आणि आपल्या शरीरातून निघालेला रस भरवतात. परावलंबित्वापासून ही पालकत्वाची भावना आणि सामूहिक जीवनाची भावना विकसित होणे ही उत्क्रांतीच्या इतिहासातील अतिशय नवलाची घटना आहे. या घटनेची तुलना, गुलामगिरी आणि सामाजिक वर्गांची दडपशाही इथपासून माणसाची कम्युनिस्ट प्रणालीपर्यंत उत्क्रांती झाली या घटनेशी होऊ शकते.

जमिनीवर कीटक आणि समुद्रात क्रस्टेशिया हे थोडी बुद्धी, गुंतागुंतीचे सहजज्ञान आणि चांगली विकास झालेली जाणीव असलेले प्राणी आहेत. ते मध्यम आकाराचे असून त्यांना योग्य अशीच जागा भरून टाकतात. ते आकाराने मोठे नाहीत हे आपले भाग्यच म्हणायला पाहिजे. नाहीतर गाय आपला सांगाडा टाकून नवा सांगाडा वाढायची वाट बघत आहे अशी कल्पना करा, म्हणजे तुम्हाला मी काय म्हणतो ते समजेल. कदाचित या मर्यादेमुळेच आर्थ्रोपॉड आजपर्यंत संपूर्ण जग जिंकू शकले नसावेत.

### टीपा -

१. बुडलाउस हा जमिनीवर रहातो. त्याला पायांच्या सात जोड्या असतात. कुजलेल्या लाकडावर हा गुजराण करतो. हा आपल्या शरीराचा चेंडूसारखा गोळा करतो.
२. डाफिनया हा गोड्या पाण्यात रहाणारा, आकाराने छोटा प्राणी आहे. त्याचा सांगाडा पारदर्शक असून त्याला लांब अँटिना व बटबटीत डोळे असतात.



## कवचधारी प्राणी

अनेक प्रसृष्टीत कवचांचा विकास झालेला दिसतो. ही कवचे बहुधा चुनखडीची बनलेली असून त्याच्या आत प्राणी रहातात. यातली बरीच विकसित झालेली प्रसृष्टी म्हणजे मॉलस्क. ह्या मऊ शरीराच्या प्राण्यांना हृदय, श्वसनेंद्रिये, मूत्रपिंड, यकृत इत्यादी इंद्रिये आणि शिवाय स्तवणाच्या ग्रंथीही असतात.

मॉलस्क प्रसृष्टीतले तीन वर्ग त्यातल्या त्यात अधिक विकास झालेले आहेत. गॅस्ट्रोपॉड वर्गातला गोगलगाय हा सगळ्यांना परिचित असतो. ह्या प्राण्यांना डोके म्हणता येईल असा एक अवयव आणि ज्याच्यावर ते चालतात असा एक अवयव असतो. गॅस्ट्रोपॉडना वेटोळ्यासारखे असममित कवच असते. ह्या प्राण्यांखेरीज फक्त एक प्रकारचा सपाट मासा आकाराने असममित असतो. लिंपेट, सागरी स्लग आणि पोहोणाच्या गोगलगाई ह्यांचे शंखाकृती कवच बाहेरून सममित असते, पण आत थोडातरी असममित आकार राखलेला असतो. गोगलगाईचा जीवनक्रम यशस्वी झालेला दिसतो. कितीतरी गोगलगाई गोड्या पाण्यात, खाऱ्या पाण्यात आणि जमिनीवर अशा अनेक ठिकाणी राहू शकतात. काही स्लग आपल्या कवचाचा उपयोग करून जमिनीत बिळंही करतात.

मॉलस्क प्रसृष्टीत काही प्राण्यांना शिंपल्याचे कवच असते, त्याला दोन झडपा असून त्यांना लामेलीब्रॅक म्हणतात. मोती बनवणारी कालवे, मसेल जातीची आणि इतर कालवे यांना शिंपल्याचे कवच असते. या प्राण्यांनी आपली संरक्षण व्यवस्था विकसित केली आहे पण ते वेगाने हालचाल करू शकत नाहीत, पण तरी त्यातली काही कालवे उड्या मारतात तर काही पोहू शकतात. बहुतेककरून पाण्यातला गाळ हेच त्यांचे अन्न

असते. पाणी शरीरात घेऊन त्यातला गाळ ठेवून बाकीचे पाणी बाहेर टाकण्याची सोय त्यांच्या शरीरात असते. हे प्राणी कधीही जमिनीवर वस्ती करत नाहीत, गोड्या पाण्यातसुद्धा त्यांची वस्ती फारशी आढळत नाही.

मॉलस्क प्रसृष्टीतला तिसरा वर्ग म्हणजे सेफालोपॉड. यात ऑक्टोपस आणि स्क्विड हे प्राणी येतात. त्यांना निश्चितपणे डोके म्हणता येईल असा अवयव, उत्तम डोळे आणि इतर ज्ञानेंद्रिये असतात. ह्यांच्या तोंडाभोवती आठ किंवा दहा सोंडेसारखे अवयव असतात. पूर्वी या वर्गात अमोनाइट या प्राण्यांचा समावेश होत असे, ते वेढोळ्यासारख्या कवचात रहात, पण आज त्यातल्या बहुतेक सगळ्यांचा सांगाडा शरीराच्या आत असतो. त्या सांगाड्याचा तसा त्यांना काही उपयोग नसतो, कधी शरीर ताठ करण्याकरता होतो तेवढाच. ह्या वर्गातले सर्व प्राणी समुद्रात रहातात, त्यांच्या बुद्धीचा विकास इतर सागरी प्राण्यांच्या मानाने अधिक झाला आहे. ऑक्टोपसला आपल्या सोंडांचे नियंत्रण चांगले करता येते. तो सोंडांनी आपले दगडाचे घरेही बांधू शकतो. सेफालोपॉड वर्गातला दुसरा प्राणी स्क्विड हा महाकाय असतो. त्याचे वजन काही टन आणि सोंडेसकट लांबी १५ मीटरपर्यंत असू शकते. अपृष्ठवंशीय प्राण्यांमधला तो सगळ्यात जड प्राणी आहे. पण हे प्राणी नष्ट होण्याच्या मार्गावर आहेत. कोट्यवधी वर्षे सागरी प्राण्यात स्क्विड हे मोठ्या संख्येने वावरत होते, आज अंटार्क्टिक समुद्राखेरीज इतर ठिकाणी ते क्वचितच सापडतात.

मॉलस्क प्रसृष्टीत आणखी दोन गौण वर्गही आहेत. त्यांतील एकाचे कवच आठ पट्टीकांत विभागलेले असते, तो दिसायला वुडलाउससारखा दिसतो. दुसऱ्या वर्गातल्या प्राण्याचे कवच नळकांडीसारखे असते. अशा विचित्र कवचांमुळे ह्या प्राण्यांना हालचाल करणे अवघड जाते. ह्या वर्गातल्या स्लग किंवा कटलफिशसारख्या काही प्राण्यांनी आपले कवच टाकूनच दिले आहे पण त्यामुळे त्यांना आगीतून फुफाट्यात पडल्यासारखे झाले आहे. पृष्ठवंशीय प्राण्यांच्या जीवनक्रमाच्या तुलनेत हे प्राणी अयशस्वी आहेत.

कवचधारी प्राण्यांमध्ये आणखी एक ब्रॅकियोपॉड ही प्रसृष्टी आहे. ह्या प्रसृष्टीतले प्राणी शिंपले बनवतात. हे बाहेरून मॉलस्क प्रसृष्टीतल्या शिंपल्यांसारखेच दिसतात, पण त्यांचा आतला मऊ गाभा मात्र वेगळ्या प्रकारचा असतो. ह्या प्राण्यांची इतकी कमी उत्क्रांती झालेली आहे की ह्या प्रसृष्टीतल्या लिंगुला या प्राण्याचे वर्गीकरण करताना त्याला ज्या गटात घालतात त्या गटातले प्राणी ४० कोटी वर्षांपूर्वी अस्तित्वात होते. लिंगुला आणि ते प्राणी यांच्यातला फरक फक्त घोडा आणि गाढव किंवा मांजर आणि वाघ यांच्या इतकाच आहे. ब्रॅकियोपॉड आज पूर्वीपेक्षा आणखीच दुर्मिळ झाले आहेत त्यात नवल ते काय?

कवचधारी प्राण्यांची आणखी एक प्रसृष्टी म्हणजे इकनोडर्म. ह्यांतील काहीना कवच असते. ह्यांतले काही समुद्राच्या तळाशी खिळून बसलेले असतात आणि इतर अति

मंद हालचाल करतात. ह्यांतल्या काही नमुनेदार प्राण्यांना पाच पाकळ्यांसारखे प्रमाणबद्ध अवयव असतात. स्टारफिश किंवा सी-अर्चिन ही ह्या प्रसृष्टीतील प्राण्यांची उदाहरणे आहेत. इतर प्राण्यांपेक्षा हे प्राणी अगदी वेगळे असतात. ह्यांतल्या अनेकांचे शरीर नळ्यांनी भरलेले असते, ह्या नळ्यात रक्त नसून समुद्राचे पाणीच असते. त्या पाण्याचा उपयोग करून हे प्राणी आपले नळीसारखे पाय पसरतात आणि कवचाच्या छिद्रातून बाहेर काढू शकतात.

कवचाच्या पेटीत राहूनही कसे वाढायचे याची एक अद्वितीय खुबी सी-अर्चिनला कळली आहे. गोगलगाय ही आपल्या कवचाच्या पेटीचे एक तोंड उघडे ठेवते, पण शिंपीसारख्या झडपेने ते बंद करू शकते. मसेलला दोन झडपा असतात त्या खेचून उघडता येतात. कासवाचे कवच दोन्ही बाजूंनी उघडे असते. सी-अर्चिनचे कवच हे अनेक पट्टीकांनी बनलेले असते, त्या पट्टीका कडांनी वाढत जातात. पण त्या उघडणे मात्र शक्य होत नाही. सी-अर्चिनला एक छोटे पण सुरक्षित तोंड असते. त्याच्या कवचावर अनेक छिद्रे असतात त्यातून त्या प्राण्याचे अनेक नळीसदृश पाय आणि स्नायू बाहेर येऊन हालचाल करतात.

पहिले इकनोडर्म बहुदा समुद्रतळाशी खिळून बसलेले होते. त्यांच्यापैकी बहुतेक आज नष्ट झालेले आहेत. जे थोडे आजही जगत आहेत ते वनस्पतींसारखे दिसतात. त्यांना सागरलिली म्हणतात. ह्या वनस्पतींचे फूल पूर्ण वाढले की देठापासून अलग होऊन पोहोत दूर जाते, अशा वेळी ते स्टारफिशसारखे दिसते. पूर्वज कोणीही असले तरी स्टारफिश आणि सी-अर्चिन हे कधीच एका जागी खिळून बसत नाहीत. मॉलस्कमध्ये जसा 'हालचाल की संरक्षण' हा झगडा सतत चालू असतो, तसाच इकनोडर्ममध्येही असतो. स्टारफिशसारख्या काही प्राण्यांच्या कठीण कातडीला काटे असतात, पण त्याला कवच नसते. तेच सी-क्युम्बरसारख्या प्राण्यांची कातडी फार पातळ असते.

प्राण्यांच्या मुख्य प्रसृष्टीचे एकमेकींशी काय संबंध असतात हे अजून स्पष्ट झालेले नाही. याचे मुख्य कारण म्हणजे पृष्ठवंशीय सोडले तर इतर प्राण्यांचे विशेष गुणधर्म हे ५० कोटी वर्षांपूर्वीच निश्चित झालेले होते, त्या वेळी कॅम्ब्रियन पाषाण तयार झाले होते त्यांत त्यांचे अश्वीभूत अवशेष सापडतात. त्या प्राण्यांचा विकास आपल्याला काही सांगून जातो. मॉलस्कचे आयुष्य पुष्कळवेळा पोहोणाऱ्या अळ्यांपासून सुरू होते. त्या अनलिड प्रकारच्या अळ्यांसारख्या दिसतात. मॉलस्क ह्यांचे नाते गोल जंत किंवा इकनोडर्म यांच्यापेक्षा अनलिड जंतांशी अधिक जवळचे असण्याचा संभव आहे.

इकनोडर्म प्राणी हे वाढत असताना सुरुवातीच्या टप्प्यात सममित अशा एकाच (पाच नाही) प्रतलातून जातात. हे पृष्ठवंशीय प्राण्यांच्या गर्भातल्या स्थितीहून फार वेगळे नाही. अनेक रासायनिक बाबतीत इकनोडर्म पृष्ठवंशीय प्राण्यांसारखे असतात. ह्या दोन प्रसृष्टींमध्ये काही संबंध असेलच तर त्यांच्यामधला हरवलेला धागा एका नष्ट झालेल्या

गटात मिळू शकेल. त्या गटातल्या प्राण्यांना मारिरीडीया म्हणतात, ते ३० कोटी वर्षांपूर्वीच नष्ट झाले. ते इकनोडर्मसारखे होते, पण त्यांचे शरीर पाच सममित पाकळ्यांत विभागलेले नसून एकच सममित प्रतलात होते. अर्थात म्हणून कुणी “सी-अर्चिन आपले पूर्वज होते” असे म्हणणार नाही. पण माणूस आणि सी-अर्चिन यांचा सामाईक पूर्वज शोधायचा झाला तर आपल्याला फार भूतकाळात जावे लागणार नाही. तेच माणूस-मधमाशी किंवा माणूस-गोगलगाय यांचा सामाईक पूर्वज शोधण्याकरता आपल्याला भूतकाळात फार खोल जावे लागेल.



## मासे

माणूस, चार पायांचे प्राणी, पक्षी, मासे वगैरे प्राण्यांना पृष्ठवंशीय प्राणी म्हणतात. ह्यांच्या पाठीला कणा असतो, त्या कण्याला अनेक सांधे असतात.

यांच्याशिवाय आणखीही काही प्राणी पृष्ठवंशीयांशी आपले कमी-जास्ती नाते सांगू शकतात. बालानोग्लोसस ह्या जंताला एक काडीसारखा अवयव असतो. माणसाच्या विकासात पाठीचा कणा येण्यापूर्वी शिंगासारखा असाच एक अवयव होता. त्या जंताच्या अन्ननलिकेत ज्या भेगा असतात त्या माशाच्या श्वसनेंद्रियातल्या भेगांसारख्या दिसतात. या जंताच्या स्नायूतील जैवरसायने ही पृष्ठवंशीयांच्या आणि काही इकनोडर्म यांच्यातील जैवरसायनांसारखी असतात. या बाबतीत तो त्याच्या स्वतःच्या वर्गातल्या म्हणजे अपृष्ठवंशीय प्राण्याहून वेगळा असतो. काही प्राणिशास्त्रज्ञ ह्या गोष्टीचा अधिक गंभीरपणे विचार करतात. हा जंत जर पृष्ठवंशीयांशी नाते सांगत असेल तर मग न्हाबोपलक्युरा हा प्राणीही सांगू शकेल, तो समुद्रतळाशी एखाद्या लहानशा सागरी वनस्पतीसारखे आयुष्य जगतो. तसेच पॉलिप्सचा एक मोठा गट ‘ग्राफोलाईट’ आज नष्ट झाला आहे तोही पृष्ठवंशीयांशी आपला संबंध दाखवू शकला असता.

ट्यूनिकट आणि सी-स्क्वर्ट हे सागरी प्राणी माणसाच्या नात्यातले आहेत याबद्दल कुणी शंका घेत नाहीत. तसं पाहिलं तर हे प्राणी पूर्ण वाढ झाल्यानंतरचे बहुतेक सगळा वेळ दगडाला चिपकूनच रहातात. ते एका छिद्रातून पाणी शोषून घेतात आणि गाळून दुसऱ्या छिद्रातून सोडून देतात. हा गाळ म्हणजे त्यांचे अन्न असते. ह्या प्राण्यांपैकी पुष्कळांना लहानपणी शोपटी असते आणि ते अंड्यातून बाहेर पडलेल्या बेडकासारखे

दिसतात. अनेक बाबतीत ते पृष्ठवंशीय प्राण्यांसारखे असतात. त्यांच्यापैकी काही दगडाला चिपकून न राहता जन्मभर पोहोत रहातात. ढोबळपणे सांगायचे तर बार्नाकल या प्राण्यांचा कोलंबी किंवा मधमाशा यांच्याशी जसा संबंध आहे तशाच प्रकारचा संबंध ट्यूनिकटचा माणूस किंवा मासे यांच्याशी आहे. पण ट्यूनिकट प्राणी अधिकाधिक एका जागी खिळून राहू लागले आणि कालांतराने आपली काही इंद्रिये गमावून बसले, माणूस मात्र सतत हालचाल करीत राहिला आणि त्याला काही नवी इंद्रिये प्राप्त झाली.

पृष्ठवंशीयांचा ह्यापेक्षा अधिक जवळचा नातेवाईक म्हणजे लॅसलिट. हा लांबट जलचर, डोके नसलेल्या माशासारखा दिसतो. त्याला हाडेही नसतात त्यामुळे त्यांच्या जीवाश्मांवरून हा संबंध सिद्ध करणे कठीण आहे. पण कोळशांच्या थरात (शेल) हाडे नसलेल्या प्राण्यांचे प्राचीन जीवाश्म शाबूत राहिले होते. ते दिसायला लॅसलिटसारखे होते. फक्त त्यांचे डोळे अधिक विकसित झाले होते. त्यावरून लॅसलिटचे पृष्ठवंशीयांशी नाते आहे याबद्दल ज्यांच्या मनात शंका होती तिचे निरसन झाले.

आजही अस्तित्वात असलेले पण सर्वात प्राथमिक अवस्थेतले पृष्ठवंशीय प्राणी म्हणजे लॅप्री आणि त्यांच्या गटातले इतर काही जलचर. लॅप्री हा सापासारखा किंवा ईल नावाच्या माशासारखा दिसतो. लॅप्रीच्या अंगावर पंखांच्या जोड्या नसतात आणि जबडाही नसतो. त्याऐवजी त्याला गोल तोंड असून त्यात अणकुचीदार टणक दात असतात. त्यांच्या घशातून उघडणाऱ्या श्वसनेंद्रियाच्या अनेक भेगा असतात. माशाचा सर्वात जुना जीवाश्म हा बिनजबड्याच्या व बिनपंखांच्या लॅप्रीसारखा दिसतो. पण ह्याचे बह्यांग एखाद्या चिलखतासारखे होते. तो कदाचित आजच्या माशांचा किंवा माणसांचा पूर्वज नसेलही. माशांच्या जीवाश्मांचा ह्यानंतरचा जो गट सापडतो त्यांना अगदी प्राथमिक अवस्थेतला जबडा होता आणि पंखांची अगदी सुरुवात झाली होती. त्यातल्या काहीना पंखांची एक जोडी, काहीना दोन तर काहीना तीन जोड्या होत्या. त्यांच्यापैकी दोन जोड्या असलेल्यांचे वंशजच फक्त सापडतात.

आज जे मासे आहेत ते वेगवेगळ्या गटांचे आहेत, त्यांच्यापैकी दोनच गट महत्त्वाचे ठरतात. शार्क आणि रे ह्या माशांचे सांगाडे हाडांचे नसून कुर्च्याचे असतात. अनेक बाबतीत ते दोन्ही मासे प्राथमिक अवस्थेतच आहेत. हे मासे अजून टिकले आहेत ह्याचे कारण म्हणजे ते आपल्या पिलांची काळजी घेतात. पुष्कळशा माशांच्यात हा गुण आढळत नाही. डॉगफिश या प्रकारचे मासे टणक कवचाची आणि पुष्कळ बलक असलेली मोठी अंडी घालतात. रे जातीतील काही मासे थोड्याच पिलांना जन्म देतात, पण जन्माला येताना ती बऱ्यापैकी मोठ्या आकाराची असतात त्यामुळे त्यातले प्रत्येक पिलू मोठे होण्याची शक्यता असते.

आधुनिक काळातले मासे हे शार्क माशांहून अधिक प्रगत असले तरी ते लहान आकाराची पुष्कळ अंडी घालतात. त्यांतून बाहेर आलेली अनेक पिले लहानपणीच मरून

जातात, आणि थोडीच मोठी होतात. पण तरी ते अतिशय यशस्वी झालेले दिसतात ह्याचे मुख्य कारण म्हणजे ते इतर अपृष्ठवंशीयांहून अधिक वेगाने पोहोतात. आणि ह्या माशांपैकी बहुतेकजण दिसायला सारखे असले तरी त्यांतल्या काही जणांनी विशेष नैपुण्ये आत्मसात केलेली दिसतात.

कित्येक गट एकाच बाजूवर पोहोतात, त्यामुळे ते गोगलगाईसारखे असममित होतात. पुढच्या वेळी सपाट मासे विकत घेतलेत की जरा निरखून पहा. हे मासे सममित पूर्वजांपासूनच उत्क्रांत झाले आहेत यावर विश्वास बसत नसेल तर सममित प्राणी म्हणून जन्माला येऊन तो एका बाजूवर का पडतो आणि त्याचा डोळा मात्र दुसऱ्या बाजूकडे का जातो याचे स्पष्टीकरण देण्याचा प्रयत्न करा. ईल माशांसारख्या काही माशांनी आपले पंख जवळजवळ गमावले आहेत. पण काही मासे इकनोडर्मसारखे काटेरी कवचाच्या पेटीत रहाण्याची सवय करतात, आणि अति सावकाश पोहोतात.

समुद्राच्या तळाशी राहणारे प्राणी हे वैशिष्ट्यपूर्ण असतात. काहीना भिंगे असलेली झगमगणारी इंद्रिये असतात. त्यांच्या सहाय्याने ते त्या अंधार्या जागेत पाहू शकतात. जे अगदी तळाशी न रहाता मध्यात रहातात ते समुद्राच्या पृष्ठभागापासून दीड कि. मी. खाली आणि तळापासूनही तितकेच वर असतात. या जलचरांची तोंडे मोठी असतात. त्यांना वर्षातून एकदा किंवा दोनदाच अन्न मिळते. म्हणजे जेव्हा समुद्राच्या पृष्ठभागापासून मेलेला प्राणी खाली येतो तेव्हाच. ह्यातला एकजण सी-क्युबेरच्या आत रहातो. पृष्ठवंशीयातले परजीवीपणाचे हे एकमेव उदाहरण आहे. आणखी एक बटरलिंग नावाचा मासा आपली अंडी गोड्या पाण्यातल्या कालवाच्या श्वसनेंद्रियात घालतो, म्हणून लहानपणी बटरलिंग परजीवी असतो.

आपले पूर्वज मासे डेव्होनियन किंवा रेड सँडस्टोन या पर्वत किनाऱ्यावर आले. त्या माशांसारखे दिसणारे काही मासे आजही अस्तित्वात आहेत. त्यांच्या कण्याला पंखांच्या जोड्या असतात. ते पंख आधुनिक माशांच्या काटेरी पंखांपेक्षा चार पायांच्या प्राण्यांच्या हातापायांसारखे अधिक दिसतात.

अनेक माशांना हवेने भरलेल्या पिशव्या असतात. काही मासे पाण्याच्या पृष्ठभागावर येऊन त्या पिशव्यांत हवा भरून घेतात. पाणी घाण झाल्यास त्यांच्या श्वसनेंद्रियांना त्या हवेचा आधार मिळतो. काही माशांच्या या पिशव्या बंद असतात, त्यांचा उपयोग ते फक्त खोल पाण्यातून वर येण्याकरताच करतात. आजच्या माशांपैकी आपल्या पूर्वजांसारखे असणारे मासे म्हणजे ऑस्ट्रेलिया आणि आफ्रिका येथे सापडणारे लंग फिश. ते दलदलीच्या प्रदेशात रहातात. दलदलीचे प्रदेश वाळले की हे मासे चिखलात खोलवर बीळ करतात आणि कित्येक महिने श्वासोच्छवास करत रहातात.

काही आधुनिक माशांच्या पंखांच्या जोड्यांच्यात फरक पडलेला दिसतो. गर्नेटसारखे मासे त्या पंखांचा समुद्राच्या तळाशी चालण्याकरता उपयोग करतात, तर

मड स्किपर्सना त्या पंखांचा जमिनीवर चालण्याकरता उपयोग होतो. आपले पूर्वज जेव्हा पाण्याबाहेर पडले तेव्हा त्यांना अनेक अडचणींना तोंड द्यावे लागले, अवयवांची उत्क्रांती ही त्यांतली एक होती. त्यांच्या पुढची मोठी अडचण होती प्रजननाची. बहुतेक माशांच्या माद्या पाण्यात अंडी घालतात, त्यांच्यावर नर मासे आपले वीर्य ओततात आणि मग त्या अंड्यांकडे ते लक्ष देत नाहीत. पहिले पृष्ठवंशीय प्राणी प्रजननाकरता नक्कीच पाण्यात जात असणार. आजही जमिनीवर जगणाऱ्या काही प्राण्यांना (बेडूक किंवा चोपड जातीचा सरडा) प्रजननासाठी पाण्याची आवश्यकता भासते.



## प्राणी आणि पक्षी

जीवन पाण्यातूनच सुरू झाले. जमिनीवरच्या पहिल्या प्राण्यांच्या जीवाश्मांवरून ते उडू न शकणारे कीटक होते असे दिसून येते. आधुनिक क्रस्टेशियनांचे ते वंशज असावेत, त्यानंतर सुमारे ५ कोटी वर्षांनंतर मासे जमिनीवर आले आणि त्यांना पाय आले.

साधारणपणे ज्या काळात भूगर्भात कोळसा तयार होत होता त्या काळाच्या आगे-मागे केव्हातरी कीटक उडू लागले असावेत. जमिनीवर आलेल्या माशांपासून आपला बचाव करण्यासाठी कदाचित त्या कीटकांनी उडण्याची कला आत्मसात केली असावी. ह्या सुमारालाच चार पायांच्या प्राण्यांनी जमिनीवर अंडी घातली असावीत. आतला बलक वाळून जाऊ नये, पण तरी प्राणवायू आत शिरावा इतपत त्या अंड्याचे कवच टणक आणि सच्छिद्र असे. एकदा अशी अंडी घालणे शक्य झाल्यावर मग त्या प्राण्यांना प्रजननासाठी पाण्याची आवश्यकता भासेनाशी झाली आणि मग अतिशीत प्रदेशाखेरीज जमिनीवरच्या इतर कोणत्याही प्रदेशात ते प्राणी जगू शकू लागले. पहिल्या चार पायांच्या प्राण्यांचे वर्गीकरण करताना त्यांना आपण सरपटणाऱ्या प्राण्यांच्या वर्गात घालतो. पुढच्या ५० वर्षांत त्यांचे वर्गीकरण वेगळ्या पद्धतीने केले जाईल ह्याबद्दल मला शंका नाही.

नवीन प्रदेशात रहायला जाणारे प्राणी अनेक प्रकारचे बदल आत्मसात करतात. असाच प्राण्यांचा एक गट आपला पूर्वज होता, त्यांना पुढचे दात, सुळे आणि दाढा असे तीन प्रकारचे दात आले. बहुतेक सस्तन प्राण्यांत दातांचे ते तीन प्रकार आजही आढळतात. त्या आपल्या पूर्वज गटातल्या प्राण्यांच्या अंगावर केसही होते. ते इतर



प्राण्यांच्या मानाने प्रगत होते. पण त्यांतले पुष्कळसे नाहीसे झाले, त्यांना आर्कोसॉर या गटाने हुसकून लावले. आर्कोसॉरचा अर्थ 'गाजवणारे सरपटणारे प्राणी' असा होतो. १० कोटी वर्षे त्या प्राण्यांनी जमिनीवर आपले वर्चस्व गाजवले. डायनोसॉर किंवा उडू शकणारे प्टेरोडेक्टाइल्स हे आपल्याला माहीत असलेले प्राणी ह्या गटातले होते. त्या दोन्ही प्राण्यांचे आज अस्तित्वात असलेले वंशज म्हणजे सुसरी आणि पक्षी. त्या गटातले बरेचजण मागच्या पायावर चालत आणि पुढच्या पायांचा पकडण्यासाठी उपयोग करीत. त्या प्राण्यांचा मेंदू विकसित झाला नाही.

आजच्या पाली, सरडे आणि साप आर्कोसॉरांचे दूरचे नातेवाईक आहेत. सरपटणाऱ्या प्राण्यांच्या दीर्घ पर्वात एक फारसा महत्वाचा नसलेला एक गट होता त्याच्यापासून पाली व साप निर्माण झाले. कासवांनी आपले चिलखत आणि मंदपणा आत्मसात केला, पण कासवे, सी-अर्चिन, गोगलगाई, खेकडे हेही या वरील प्राण्यांचे अधिक दूरचे नातेवाईक आहेत. कालांतराने सरपटणाऱ्या प्राण्यांचे निदान सात गट तरी समुद्रात परतले. त्यांच्यापैकी इक्थिओसॉर ह्या गटाचा विकास चांगला झाला. ते पिलांना जन्म देत. आजच्या देवमाशांशी त्यांची तुलना होऊ शकेल. ह्या गटातले कासवे आणि समुद्र साप (सी-स्नेक) एवढेच प्राणी अजून अस्तित्वात आहेत. दोन किंवा तीन गटांनी उडण्याची कला आत्मसात केली, त्यांच्यापैकी पक्षी हाच तेवढा गट आज अस्तित्वात आहे. बाकीच्यांचा आकार प्रचंड वाढला. ह्यांच्यापैकी जे वनस्पती खाऊन जगत त्यांच्या दाढा इतर कोणत्याही प्राण्याच्या दाढापेक्षा अधिक मजबूत आणि कार्यक्षम झाल्या.

कोळशाचे थर तयार होण्यापासून ते चुनखडीचे थर तयार होण्याच्या काळापर्यंत चार पायांचे प्राणी वेगवेगळ्या स्थित्यंतरातून गेलेले दिसतात. निसर्ग जणू त्यांच्यावर अनेकविध प्रयोग करून बघत होता. चुनखडीचे थर तयार होण्याची क्रिया संपताना स्थित्यंतरे होण्याचे थांबले. ती स्थित्यंतरे का थांबली याचे एकही कारण आपल्याला माहीत नाही. त्याविषयी अनेक तर्क करण्यात येतात.

आर्कोसॉर प्राण्यांच्या आगमनापूर्वी सरपटणाऱ्या प्राण्यांचा एक गट जवळजवळ नष्ट झाला होता. पण त्या गटापासून आपले काही सस्तन पूर्वज उत्क्रांत झाले होते. आणि नष्ट झालेल्या गटाची जागा त्या सस्तन प्राण्यांनी घेतली. त्या काळात जमिनीवर मोठ्या प्राण्यांची कमतरता निर्माण झाली ती काही उडता न येणाऱ्या पक्ष्यांनी भरून काढली. हे पक्षी मोठाले दात असलेल्या पेंग्विन पक्ष्यांसारखे दिसत. लवकरच सस्तन प्राण्यांनी त्यांना हुसकून लावले. तोवर सस्तन प्राण्यांना अस्तित्वात येऊन सुमारे ७ कोटी वर्षे झाली होती आणि परिस्थितीशी जुळवून घेण्याचे नानाविध मार्ग त्यांनी आत्मसात केले होते.

सरपटणारे प्राणी करतात त्या सर्वच गोष्टी सस्तन प्राणी करत, एवढेच नव्हे,

अधिक चांगल्या रीतीने करत. प्टेरोडेक्टाइल गटातल्या प्राण्यांप्रमाणे बटवाघळं उडायला शिकली, आणि इक्थिओसॉरप्रमाणे देवमाशांचे स्वरूप माशांसारखे झाले. मोल नावाचा प्राणी कोणत्याही सरपटणाऱ्या प्राण्यापेक्षा बिळं करण्यात सरस आहे. डायनोसॉर प्राणी हे आपल्या मागच्या पायांवर व शेपटीवर उभे रहात असत, आज सस्तन प्राण्यातले मागच्या पायांवर व शेपटीवर उभे रहाणाऱ्यांचे काँगारू हे उत्तम उदाहरण आहे. आर्माडिलोस यांना अंगावर चिलखत होते हे खरे, पण कासवांच्या चिलखताशी त्यांची तुलनाच नाही. सस्तन प्राण्यांच्यात सापासारखा दिसणारा प्राणी दिसत नाही. आणि प्रत्येक काळात हत्ती किंवा गेंड्यासारखे प्रचंड प्राणी जन्म घेत होते, पण देवमाशाचा अपवाद सोडला तर सरपटणाऱ्या प्राण्यांत अधिक उत्क्रांत आणि अधिक प्रचंड प्राण्यांची उत्पत्ती झाली यात शंका नाही.

सस्तन प्राणी म्हटले की आपल्या डोळ्यासमोर गाय, हरीण, घोडा यांच्यासारखे खुराचे प्राणी, सिंह, लांडगे यांच्यासारखे मांसभक्षी प्राणी आणि माकडे, माणूस यांच्यासारखे हात असलेले प्राणी येतात. पण प्रकर्षाने लक्षात येण्यासारखी वस्तुस्थिती अशी आहे की एकूण सस्तन प्राण्यांपैकी अर्धेअधिक प्राणी हे 'कुरतडणारे प्राणी' या गटात येतात. उंदीर, बीव्हर किंवा साळू वगैरे. यश आणि संख्या या दोन्ही दृष्टीतून पाहिल्यास सर्व सस्तन प्राण्यांत हे कुरतडणारे प्राणीच सरस आहेत.

माझ्या मते सस्तन प्राण्यांत देवमासे, हत्ती आणि माणूस हे स्वयंभू आहेत. प्रचंड देवमासे पाण्यातल्या गाळावर उपजीविका करतात, सर्वात मोठे सरपटणारे प्राणी वनस्पती किंवा मोठे (म्हणजे कीटक किंवा तसले छोटे प्राणी सोडून) प्राणी खाऊन जगत. देवमाशांना दात नसतात. समुद्राचे पाणी गाळण्याकरता त्यांना एक विशेष जाळी असते त्या जाळीत क्रस्टेशियन गटातले लहान लहान माशांचे थवे अडकून बसतात, ते देवमाशांचे अन्न असते.

हत्तीला सोंड असते. तिचा थोडाफार हातासारखा उपयोग करता येतो. शिवाय चालण्याकरता चारही पाय वापरता येतात. ह्या सोंडेचा उपयोग केवळ फांद्या खाली ओढण्याकरता करण्याऐवजी त्यांनी अधिक विधायक रीतीने केला असता तर हत्तीच्या मेंदूचाही विकास झाला असता. उदाहरणार्थ, अतिशीत प्रदेशात रहाणाऱ्या मॅमथ प्राण्यांना हत्तीसारखी सोंड होती. ते आपल्या सोंडेने घर बांधून थंडीपासून आपले रक्षण करीत.

शरीररचनेच्या दृष्टीने पाहिल्यास माणूस हा प्राथमिक अवस्थेतला सस्तन प्राणी आहे. अजूनपर्यंत हातापायांची सर्व बोटे आणि बहुतेक सर्व दात माणूस बाळगून आहे. त्याला मेंढीसारखे वैशिष्ट्यपूर्ण पोट, हत्तीसारखी सोंड, किंवा गार्डसारखी शिंगे असे नवे अवयव प्राप्त झालेले नाहीत. पण त्याच्या जवळच्या नात्यातला गोरिलासारख्या

इतर प्राण्यांच्या मानाने त्याच्या एका अवयवाचा अधिक विकास झाला आहे. तो अवयव म्हणजे टाच. या टाचांमुळे माणूस केवळ दोन पायांवर दूर दूरपर्यंत चालत जाऊ शकतो.

पण माणसाचा मेंदू आणि त्याचा उपयोग करण्याची क्षमता फक्त माणसातच दिसते. अवजारांचा उपयोग करणारा माणूस हा एकच प्राणी नाही. पक्षी निवडुंगाच्या काट्याने कीटकाला त्याच्या बिळातून बाहेर काढतो, आपल्या जाळ्याचा कोळी भक्ष्य पकडायला उपयोग करतो. माणूस एकटाच बांधकाम करणारा प्राणी नाही. बहुतेक पक्षी घरटी बांधतात. पुष्कळ प्राणी अन्न साठवून ठेवतात. काही मुंग्या तर कीटकांना पाळतात. पण आपल्याला हवी तशी अवजारे बनवणारा आणि अग्नीचा उपयोग करणारा माणूस हा एकमेव प्राणी आहे. अगदी अलीकडच्या काळापर्यंत माणूस हा प्राणी दुर्मिळ होता. गेल्या २० हजार वर्षांत तो मोठ्या कुटुंबाहूनही मोठ्या समाजात रहायला लागला आहे.

माणसे जेव्हा एकमेकांना सहकार्य करायला शिकली तेव्हाच अनेक समस्यांना प्रारंभ झाला. आपले प्राणीपण न सोडता तो प्राणिशास्त्राच्या कक्षेतून बाहेर पडला. जसे काही सजीव आपले पदार्थपण न गमवता रसायनशास्त्राच्या कक्षेतून बाहेर पडले आहेत.



## कीटकचोर

ब्रिटिश वस्तुसंग्रहालयातून टणटणीत कीटक (बीटल) चोरल्याबद्दल नुकतीच एका कीटकशास्त्रज्ञाला तुरुंगाची हवा खावी लागली होती. ते कीटक त्याने का चोरले असावेत, आवडले म्हणून की विकण्याकरता, हे मला माहीत नाही, पण चोरलेल्या कीटकांची किंमत काही शे पौंड होती असे म्हणतात.

टणटणीत कीटकांची किंमत इतकी का असावी असा प्रश्न कुणाच्याही मनात येईल. बहुतेक कीटक हे अगदी सामान्य असतात व ते सर्वत्र मिळतात. पण त्या सामान्य कीटकांतले काही खास नमुन्याचे असतात आणि त्यांना जबर किंमत मिळते. कीटकांच्या या विशेष नमुन्यांवरूनच कीटकांच्या अनेक जातींचे तपशील लिहिले गेले. असे विशेष नमुने सर्वसामान्यपणे कुठल्या ना कुठल्यातरी वस्तुसंग्रहालयातच ठेवले जातात. ज्या प्राणिशास्त्रज्ञांनी कीटकांच्या जातींना नावे दिली आणि त्यांची वर्णने केली ती कदाचित अचूक नसतील. पण त्या कीटकांचे चांगले नमुने उपलब्ध झाले तर ते तपशील सुधारता येतील. त्याने काय फरक पडेल ? पोस्टाच्या तिकिटाच्या तपशिलापेक्षा कीटकांच्या तपशिलाचे महत्त्व अधिक का असावे ?

एखादा प्राणी कोणत्या जातीतला आहे हे कळले तर त्या प्राण्याबद्दल आपल्याला बरेच काही समजू शकते. आता टणटणीत किडा काय खातो - मिळेल ते काहीही, लाकूड, पिकं, किंवा इतर काही मौल्यवान वस्तू - हे जाणणे महत्त्वाचे आहे. तो जर बटाट्याची पाने खात असेल तर ब्रिटनमधल्या शेतीला उपद्रव होणार नाही. पण तो जर उष्ण कटिबंधातल्या कीटकांपैकी असेल तर हलक्याशा हिम दवानेही तो मरून

जाईल.

एका जातीतही अनेक प्रकारचे कीटक असतात, त्यांच्यातला फरक भौगोलिक परिस्थितीला धरून पडतो. ज्या प्रांतात ते जन्मतात तिथल्या कमी-अधिक थंडीला सामना घ्यायला ते शिकतात, आणि त्या प्रकारचे बदल त्यांच्यात होत असतात. नवलाची गोष्ट म्हणजे दर तीस वर्षांनी कीटकांचा नवा प्रकार निर्माण होतो आणि ते वेगळ्या प्रकारच्या वनस्पती खाऊ लागतात.

असे असले तरी कीटकांच्या बहुतेक जाती एका प्रकारच्या वातावरणाशी रुळलेल्या असतात आणि दुसऱ्या वातावरणाशी जुळवून घेणे त्यांना अवघड जाते. ही गोष्ट टणटणीत कीटकांच्या बाबतीत विशेषकरून जाणवते. त्या कीटकांच्या जाती किती आहेत हे नक्की सांगता येणार नाही, पण चार लाखांहून निश्चितच अधिक आहेत. ह्याचा अर्थ असा की, समस्त प्राण्यांच्या जितक्या जाती आहेत त्यांपैकी १/३ जाती या कीटकांच्या आहेत. पण म्हणून बीटल कीटक इतर कीटकांपेक्षा फार अधिक यशस्वी झाले असे म्हणता येणार नाही. भिंगाशिवाय नीट दिसू शकत नाहीत असे कोलंबोला नावाचे कीटक संख्येने बीटलांहून कितीतरी अधिक असावेत. बीटल कीटकांचे इतर प्रकार होण्याचे कारण म्हणजे त्यांच्या प्रांतापुरत्या मर्यादित सवयी. उदाहरण म्हणजे एका जातीचा बीटल एकच प्रकारची बुरशी खातो, तीही एकाच प्रकारच्या झाडांच्या सालीखाली उगवणारी.

कीटकांच्या जाती जातीतले फरक त्यांच्या पायावरच्या काट्यांसारख्या केसांच्या संख्येवरून ठरवतात. ह्याचे महत्त्व तसे स्पष्ट होत नाही. पण कोणत्याही प्राण्याला बरोबर गटात घालायला त्याचा चांगला उपयोग होतो. माझ्या चेहऱ्यावरचे तपशील जसे मला ओळखण्यासाठी उपयोगी पडतात, तसेच.

प्राण्यांचे वर्गीकरण करणे हे प्राणिशास्त्रज्ञांचे एक महत्वाचे काम असते. डार्विनने जेव्हा आपल्या पुस्तकाला 'जातींचे मूळ' (ओरिजिन ऑफ स्पिशिज) असे नाव दिले तेव्हा त्याला त्याची पूर्ण जाणीव होती. पुस्तक लिहिण्यापूर्वीची आठ वर्षे त्याने अस्तित्वात असलेले आणि अश्वीभूत झालेले अशा प्राण्यांचा अभ्यास करून प्राण्यांचे वर्गीकरण करण्याच्या प्रयत्नात घालवलेली होती.

डार्विनच्या काळानंतर आपण उत्क्रांतीच्या आणखी एका बाजूविषयी शिकत गेलो ती बाजू म्हणजे प्राण्यांच्यात सावकाश होणारे बदल. उदाहरणार्थ, घोड्यांचे आजचे स्वरूप म्हणजे एक खुराचा आणि गवत चावण्यासाठी मोठे भक्कम दात असलेले चतुष्पाद. त्यांचे पूर्वज कसे होते ? त्यांच्या खुरांचे तीन भाग होते आणि दात आखूड होते. हा बदल अतिशय सावकाश होत गेल्याचे आपल्याला जीवाश्मांवरून स्पष्ट दिसून येते. जीवाश्मांवरून सर्वच गोष्टी कळत नाहीत. उदाहरणार्थ, घोडा आणि गाढव

यांच्यातला फरक आणि त्यांच्या मीलनातून जन्माला आलेले खेचर हे प्रजनन का करू शकत नाही हे जीवाश्मांचा अभ्यास करून लक्षात येत नाही. त्यासाठी जिवंत प्राण्यांचा अभ्यास करावा लागतो, प्रांताप्रांतात तयार होणारे त्यांचे प्रकार तपासावे लागतात, कारण नवीन जाती निर्माण करण्यास ते कारणीभूत होत असतात. आणि त्यातूनच प्रजनन करू न शकणारे किंवा दुर्बल हायब्रीड प्राणी जन्माला येत असतात.

वर्गीकरण करण्याकरता वस्तुसंग्रहालयात जाण्याची विद्यार्थ्यांची सहज प्रवृत्ती असते. पण त्यामुळे ते त्याविषयी अगदी अल्पसे ज्ञान मिळवू शकतात. विद्यार्थ्यांच्या या ओढीला पुरेसे पडण्याकरता लंडन विद्यापीठात वर्गीकरणाच्या विषयात एका प्रपाठकाची नेमणूक केली गेली आहे. त्याचे काम फार अवघड आहे. त्याला बीटल व इतर लहान प्राण्यांचा मोठा साठा ठेवावा लागणार आहे. आपल्या विद्यापीठाला हरणासारखे मोठे प्राणी किंवा पक्षी ठेवणे परवडण्यासारखे नाही, त्यासाठी लागणारी जागा किंवा पैसे विद्यापीठाकडे नाहीत. प्राण्यांच्या निरनिराळ्या जातीतले फरक कसे ओळखावेत किंवा एखाद्या प्राणी नवीन जातीतला आहे हे कसे ठरवावे हे विद्यार्थ्यांना शिकवावे लागेल. प्राणी काय खातात आणि कोणत्या हवामानात जगू शकतात याच्यावरून त्या जातीतल्या प्राण्यांची गरजा कशा लक्षात घ्याव्यात, किंवा प्राण्यांचा अभ्यास करताना त्यांचे हात, पाय, नाक, डोळे यांच्यापेक्षाही त्या गरजा अधिक महत्वाच्या ठरतात, हे त्या विद्यार्थ्यांना समजावून घ्यावे लागेल.

ह्या कामाचे व्यावहारिक महत्त्व हे एका साध्याशा घटनेवरून सांगता येईल. उष्णकटिबंधात येणाऱ्या आफ्रिकेच्या एका प्रदेशात भुईमूग आणि सूर्यफुलांची लागवड करण्याची मोठी योजना सरकारने आखली आहे. त्याकरता तेथील कीटकांचे सर्वेक्षण करावे लागेल. काही झाडांना फळे येण्याकरता कीटकांची मदत लागते. आपल्या पिकाला उपयोगी कीटक त्या प्रदेशात नसतील तर तिथे त्या पिकांची लागवड करणे चुकीचे ठरेल. तसेच आपण लावलेली पिके खाणारे कीटक तिथे काय प्रमाणावर आहेत हेही पहाणे शहाणपणाचे ठरेल. ह्या सर्व गोष्टी सर्वेक्षणातून कळतील. मधमाश्यांच्या जिभांचे सूक्ष्मदर्शकातून मोजमाप करून एखाद्या प्रांतात सूर्यफुलांची लागवड करावी की नाही हे ठरवले तर ते कुणाला हास्यास्पद वाटेल, पण जे योजनेला जबाबदार आहेत त्यांना हास्यास्पद वाटू नये, नाहीतर त्यांना गंभीर परिणामांना तोंड देण्याची वेळ येईल. मोठी वित्तहानी तर होईलच, पण आपल्याला एकोणीसशे पन्नास साली खाद्यपदार्थांवर नियंत्रण ठेवण्याची वेळ येईल. ह्या साध्याशा उदाहरणावरून कीटकांचे नमुने अभ्यासणे हे उपयोगाचे तर आहेच, पण पोस्टाच्या एखाद्या दुर्मिळ तिकिटाइतके त्याला महत्त्वही आहे हे सिद्ध होईल.

बहुतेक कीटकांना आर्थिकदृष्ट्या महत्त्व नसते आणि कधी येईल असे वाटत नाही. पण तसे घाईने ठरवणे बरोबर नाही. ज्या प्राण्यांना आर्थिक महत्त्व नाही त्यांच्याकडे दुर्लक्ष करणे हे योग्य नाही. डार्विनने बार्नाकल ह्या जलचरांचे उदाहरण दिले आहे ते या दृष्टीने चांगले आहे. जहाजांच्या तळावर बार्नाकलांची वाढ थांबवण्याची युक्ती आपल्याला जर आधी माहीत असती, तर कितीतरी कोळसा व तेल यांची आपण बचत करू शकलो असतो. बार्नाकल दगडाला किंवा जहाजाला चिपकून बसण्याकरता काय पदार्थ वापरतात हे डार्विनने शोधून काढले. त्यामुळे त्यावर उपायही करता आला. जहाजाला एक प्रकारचा रंग लावल्यास बार्नाकलांना चिपकून बसणे अवघड होते. अर्थात एवढ्यामुळे समस्या पूर्णपणे सुटत नाही. त्याकरता डार्विनसारखा बारीक निरीक्षण करणारा माणूस लागेल. बार्नाकल या क्षुद्र प्राण्यामध्ये रस घेण्याबद्दल डार्विनचा लायटन बुलवेर या कादंबरीकाराने उपहास केला होता. आज डॉ. सी. डी. डार्लिंग्टननाही वाटतं की, जीव वर्गीकरणावर सरकारचा फार पैसा खर्च होत आहे, विशेषतः क्यू या ठिकाणी.

जीववर्गीकरणाचा अभ्यास करणारे शास्त्रज्ञ काही वेळेला संकुचित होतात आणि आपल्याच ज्ञानाच्या क्षेत्रातच अडकून रहातात. पण हे केवळ जीववर्गीकरण करणाऱ्या शास्त्रज्ञांच्याच नाही, तर इतर शास्त्रज्ञांच्या बाबतीतही घडू शकते. जीववर्गीकरणाचे व्यावहारिक आणि सैद्धांतिक महत्त्व फार आहे, आणि ब्रिटनच्या वस्तुसंग्रहालयातील बीटल कीटक म्हणजे राष्ट्रीय संपत्ती आहे.



## पिंजऱ्यातले पक्षी

लंडनमध्ये दरवर्षी पिंजऱ्यातल्या पक्ष्यांचे प्रदर्शन भरते. नुकतेच मी ते पहिले. पक्ष्यांना पिंजऱ्यात ठेवणे हा क्रूरपणा समजून काहीजण त्याला विरोध करत असतात. पाकोळी, बहिरीससाणा, चंडोल अशा स्थलांतर करणाऱ्या पक्ष्यांच्या बाबतीत ते खरे आहे, आणि प्रदर्शनातले पिंजरे जरा लहान असतात हेही खरे आहे. पण कॅनरी किंवा बजरिगार (ह्याला लव्हबर्ड असेही म्हणतात) ह्यांच्यासारखे लहान पण लोकप्रिय पक्षी पूर्णपणे माणसाळतात, एवढेच नव्हे, तर सोडले तरी ते उडून जात नाहीत. आणि समजा ते उडून गेले तर इंग्लंडसारख्या देशात ते फार काळ जगू शकणार नाहीत.

मी एक शिक्षक म्हणून त्या प्रदर्शनाला गेलो होतो. बजरिगार आणि इतर पक्ष्यांच्या आनुवंशिक गुणांबद्दल बरीच माहिती प्राप्त झाली आहे. पाळलेल्या पक्ष्यात ते आनुवंशिक गुण सहज दिसून येतात आणि म्हणून विद्यार्थ्यांना ते दाखवता येतात. कामगारच बहुदा पक्षी पाळतात म्हणून मी त्यांच्याविषयी लिहीत आहे. कामगारांकरता जसजशी अधिक घरे बांधली जातात आणि दिवस लहान होत जातील तसे कामगार कोणता ना कोणता तरी प्राणी पाळतील अशी मी आशा करतो. मग ते त्यांच्या मुलांच्या मनोरंजनाकरता असले तरी हरकत नाही.

पाळीव प्राण्यांत बजरिगार हा पक्षी फार मनोवेधक आहे, कारण आपल्याला त्याचा इतिहास माहीत आहे. हा पक्षी मूळचा उत्तर ऑस्ट्रेलियातला, १८४० साली काही जिवंत बजरिगार युरोपमध्ये आणले गेले, ते फिक्या हिरव्या रंगाचे होते. कालांतराने त्यांच्यात निळ्या, पिवळ्या, राखाडी व पांढऱ्या छटा आल्या, शिवाय मूळच्या हिरव्यातले फिके, गडद आणि ऑलिव्ह फळासारखे रंग होतेच, पण कधीकधी रंगाचे मिश्रणही झाल्याचे

आढळून येते. म्हणजे पिवळे डोके व पिवळे पंख असलेला हिरवा पक्षी वगैरे. काही वेळा मानेवरच्या पट्ट्यांच्या रचनेतले फरकही दिसून येतात. आजपर्यंत त्यांच्या देहरचनेत फार मोठा फरक झाल्याचे आढळलेले नाही. तसे फरक झाल्याचे कबुतरांच्यात दिसून येते, उदाहरणार्थ, पाउटर कबुतरांची छाती रुंद झाली, तर पाकोळ्यांच्या पायांवर पिसे आली, कबुतरांना पंख्यासारखी शेपटी आली वगैरे. बजरिगार पक्ष्यांना तुरा आल्याचे युरोपमध्ये दिसते असे म्हणतात, पण लंडनमधल्या प्रदर्शनात ते दिसले नाही. मिसळून जाऊ नयेत म्हणून इतर पक्ष्यांच्या पिढ्या वेगवेगळ्या ठेवतात. कबुतरप्रेमी आपापल्या गटांना मजेदार नावे देतात. जसे, ओरिएंटल फ्रिल क्लब किंवा बॉल्ड अँड बिअर्ड क्लब. पण बजरिगारप्रेमींना आनुवंशिकीविषयी पुरेशी माहिती असते त्यामुळे त्यांना संकराची भीती वाटत नाही. समजा, फिव्या आमसुली रंगाची गुणसूत्रे फार अशक्त होऊ लागल्याचे त्यांच्या लक्षात आले, तर त्या पक्ष्यांचे फिकट हिरव्या अशा रानातल्या पक्ष्यांशी मिलन करवतात. त्यातून गडद हिरवी पिल्ले जन्मतात. ह्या पक्ष्यांचे पुढे आमसुली रंगाच्या पक्ष्याशी मीलन झाले तर अर्धीअधिक पिल्ले आमसुली होतात हे त्यांना माहीत असते. एवढेच नाही, तर ही आमसुली पिल्ले ही अशा दूरच्या पक्ष्यांच्या मिश्रणामुळे चांगली सशक्त होतात. या अशा मिश्रणाला ते प्रेमी 'हिरव्या रंगात बुडवणे' असे म्हणतात.

कॅनरीप्रेमींकडे वेगवेगळ्या वंशाचे पक्षी असतात, नॉरिच, यॉर्कशायर बॉर्डर वगैरे. हे प्रेमी आपल्याजवळच्या वंशाची शुद्धता राखण्याचा प्रयत्न करतात. या प्रत्येक वंशात अनेक रंगांचे पक्षी असतात. या शुद्धता मोहिमेला एक अपवाद आहे. तुरा असलेल्या पक्ष्यांचे तुरा नसलेल्या पक्ष्यांशी मिलन झाले तर पिल्लांपैकी जितकी तुरा नसलेली तितकीच तुरा असलेली असतात. पण नर-मादी दोघांना तुरा असेल तर जगलेल्या पिल्लांत तुरा असलेली पिल्ले अधिक असतील, पण त्यांपैकी पुष्कळशी अंड्यातून बाहेर येण्यापूर्वीच मेलेली असतात. थोडक्यात काय, तुरे असलेले शुद्ध कॅनरी पक्षी मिळवण्याचा काही मार्ग नाही. उलट एकमेकांशी संबंध नसलेल्या नर-मादींनाच तुरे असलेली पिले होतात. उंदीर आणि कोंबड्या, बदके यांच्या बाबतीत हाच अनुभव येतो. माणसातले जन्मतःच जे गुण आपण चांगले समजतो, त्यांतले किती या प्रकारच्या आनुवंशिकतेतून आलेले असतात कोण जाणे ! एखाद्या हुकूमशहाने ठरवून जरी आईबापांच्या जोड्या लावल्या तरी होणाऱ्या मुलांच्यात हवे ते गुण येतीलच असे सांगता येत नाही.

प्राण्यांचे पूर्वनियोजित प्रजनन करण्यामागे दोन हेतू असतात. चांगली किंमत मिळवून देईल किंवा स्पर्धेत बक्षिसे मिळवेल असे अधिक चांगले प्राणी जन्माला घालणे आणि दुसरा हेतू म्हणजे त्या बाबतीतले ज्ञान मिळवणे. हौशीने केलेल्या प्रजननाचा

शेतकऱ्यांना फारसा उपयोग असत नाही कारण शेतकरी हे अन्न किंवा लोकर मिळवण्यासाठी प्राण्यांचे प्रजनन करवतात. त्याच्याकडे चाळीस गाई असतील तर त्या सगळ्या चांगल्या दूध देणाऱ्या असाव्यात असा शेतकऱ्याचा हेतू असतो. तेच हौशीखातर कॅनरी पक्षी पाळणाऱ्याकडच्या चाळीस कॅनरीपैकी एकाने स्पर्धेत बक्षीस मिळवले की मग बाकीचे एकूणचाळीस हे बेताच्या योग्यतेचे होते याचे त्याला काहीच वाटत नाही. शेतकऱ्यांही त्याचा उद्देशच वेगळा असतो. हा हौशी माणूस विज्ञानात भर टाकतो आणि अप्रत्यक्षरीत्या शेतीलाही हातभार लावतो. उदाहरण घायचे तर लैंगिक संबंधाची जी काही तत्त्वे कॅनरी पक्ष्यांवरील प्रयोगातून समजली त्यांचा कोंबड्या किंवा बदके पाळणाऱ्यांना फार उपयोग झाला.

हौशीखातर पक्ष्यांचे प्रजनन करवणारा गट स्पर्धा जिंकणे किंवा ज्ञान वाढवणे यांपैकी कोणत्याही एका हेतूने काम करतो. तसे केल्यास त्यांना खूप काही माहिती मिळते. बजरिगारांच्या आणि कॅनरींच्या आनुवंशिकतेबद्दल कळून घेण्यासारखे अजून पुष्कळ आहे. बजरिगार आणि तत्सम पक्ष्यांच्या वर्णसंकरातून जन्मलेल्या हायब्रीड पिलांबद्दल आपल्याला जवळजवळ काहीच माहीत नाही. कोंबड्याच्या अशा वर्णसंकरातून निर्माण झालेल्या हायब्रीड माद्या मादी पिलांपेक्षा दहा पट अधिक नर पिलांना जन्म देतात हे आपल्याला माहीत आहे. तसेच पुष्कळसे हायब्रीड प्राणी प्रजनन करू शकत नाहीत हेही आपल्याला माहीत आहे, पण त्याची कारणे तपशिलात देता येण्याइतके ज्ञान आपल्याजवळ नाही.

बजरिगार बोलू शकतात. प्रदर्शनातला एक बजरिगार आपल्या रहाण्याच्या ठिकाणचा पत्ता बोलून दाखवत होता, तो हरवला असता तर ते नक्कीच उपयोगी ठरेल असे. पण बोलण्याची क्षमता ही आनुवंशिक आहे का, आणि असेल तर आनुवंशिकता कशी येते याबाबत आपण पूर्ण अंधारात आहोत.

अनेक हौशी प्रयोगकारांनी विज्ञानात विशेषतः उत्खननशास्त्र, भूशास्त्र, हवामानशास्त्र यात खरीखुरी भर घातली आहे. पक्ष्यांचे पालन करणारेही तसे करू शकतील. मात्र तसे प्रयोग करताना फक्त जे प्राणी एका पातळीच्या वर काही करून दाखवतात तेवढ्यांचीच नोंद न ठेवता सर्वच प्राण्यांची नोंद ठेवणे अगत्याचे ठरेल. दुसरी गोष्ट म्हणजे अनेक पक्ष्यांची पैदास केली पाहिजे कारण आनुवंशिकतेचे पुष्कळसे नियम संख्येवरूनच ठरतात. त्याकरता सहकार करण्याची जरूरी आहे. ह्या देशातल्या लोकांमध्ये जसा विज्ञानाचा प्रसार होईल तसे अधिकाधिक लोकांनी त्यात भर घालायला पुढे आले पाहिजे आणि त्याकरता एकत्र काम करण्याची तयारी दाखवली पाहिजे. पक्षी पिजऱ्यात पाळून त्यांची पैदास करणाऱ्यांपेक्षा काही लोक आपल्या फावल्या वेळात विज्ञानात अधिक भर घालू शकतील.

## काही विचित्र प्राणी

लंडनमधल्या प्राणिसंग्रहालयात मी पुष्कळदा जातो. माझी प्राण्यातली रुची तुमच्यापेक्षा वेगळी असावी. शास्त्रज्ञांच्या दृष्टिकोनातून नाही, तरी प्राण्यांबद्दल जाणून घेण्याची उत्सुकता तुम्हाला वाटत असेल असे मी समजतो.

सगळ्या प्राण्यांत विशेष उठून दिसणारा प्राणी निवडायचा झाल्यास मी मड-स्किपर नावाचा एक छोटा मासा निवडेन. तो उष्णकटिबंधातल्या दलदलीत रहातो आणि बहुतेकवेळ तो पाण्याबाहेर असतो. निदान प्राणिसंग्रहालयातले मासे तरी तसे करतात. मड स्किपरला पंख असतात, त्या पंखांपैकी एक जोडीला तरी आपल्या पायाच्या घोट्यासारखा सांधा असतो. त्या सांध्यामुळेच तो जमिनीवर लडथडत का होईना पण चालतो. त्याचे डोळे डोक्याबाहेर आलेले असतात आणि बेडकासारखा हा आपले डोळे आत-बाहेर करतो. बेडूक कसा खातो हे तुम्ही पाहिलंय का ? त्याच्या तोंडातल्या वरच्या बाजूला पूर्ण आवरण नसते (आपल्याला टाळं असतं तसं) त्यामुळे तो खाताना त्याचे डोळे आत-बाहेर होतात. म्हणजे आपल्या डोळ्यांच्या सहाय्यानेच बेडूक तोंडातले अन्न घशात ढकलतो.

डेव्होनियन कालावधीत माणसाचे पूर्वज पाण्यातून जमिनीवर आले तेव्हा ते काय करीत तेच करण्याचा प्रयत्न मड-स्किपर करतो म्हणून तो मला आवडतो. तो मासा आहे हे उघड आहे आणि त्याचे काही नातेवाईक तर पूर्णपणे मासे आहेत. पण मड स्किपर उत्क्रांत झाला आणि त्याच्या पंखाची एक जोडी कामचलाऊ पायाचे काम करू लागली. त्याच्याकडे पाहून जमिनीवर रहाणाऱ्या पृष्ठवंशीयांचे पूर्वज कसे असतील याची

कल्पना येते. मासे पाण्याबाहेर येऊन त्यांचे उभयचर प्राण्यात रूपांतर झाले असणे शक्य नाही असे कुणी टीकाकार म्हणत असतील तर त्यांना मड स्किपर मासा दाखवला पाहिजे. पाण्यातून बाहेर पडून जमिनीवर वसाहत करायला त्याला सुमारे ३० कोटी वर्षे उशीर झाला आहे ह्याची त्या माशाला जाणीव नाही हे बरे आहे !

दुसऱ्या एका मुद्द्यामुळे उठून दिसणारा आणखी एक मासा म्हणजे गॅलिली सरोवरातला सिक्लिड मासा. येशूच्या बारा अनुयायांनी पकडलेल्या माशांपैकी हा एक होताच, पण पुढील चमत्कारातही त्याचा सहभाग असावा. या माशांच्या प्रजननाची एक विलक्षण रीत आहे. मादी एक बीळ करते व त्यात अंडी घालते. नर ती अंडी उचलून आपल्या तोंडात ठेवून आठवडा-दहा दिवस (म्हणजे अंडी फुटून पिलं बाहेर येईपर्यंत) संभाळतो. ज्या बिळात अंडी घातलेली असतात त्या बिळातले दगड हे मासे तोंडाने बाजूला सारतात. त्या खटपटीत असताना पाण्याच्या तळाशी असलेलं एखादं नाणं त्याच्या तोंडात येणं सहज शक्य आहे. (प्राचीन काळापासून जलाशयात पैसे टकण्याची पद्धत जगात सगळीकडे होती.) येशूच्या अनुयायांकडे कर भरायला पैसे नव्हते तेव्हा त्यांनी पकडलेल्या माशाच्या तोंडात पैसे मिळाले ते घेऊन त्यांनी कर भरला अशी गोष्ट आहे. तो मासा बीळ साफ करत असतानाच पकडला गेला असावा.

प्राणिसंग्रहालयातले मला सर्वात आवडते असे घर म्हणजे 'कुरतडणाऱ्याचे तात्पुरते घर.' त्यात अनेक प्रकारचे कुरतडणारे शेत उंदीर आहेत. जाती आणि प्रत्यक्ष संख्या या दोन्ही बाबतीत त्या उंदरांनी सतरा प्रकारच्या (कोटी) सस्तन प्राण्यांना मागे टाकले आहे. सस्तन म्हणजे उष्ण रक्ताचे, केसाळ, पिलांना अंगावर दूध पाजणारे प्राणी. ते ३२ कोटींमध्ये विभागले जातात, उदाहरणार्थ, हत्ती, देवमासे, पॉरपॉइस मासे, वटवाघळे, कुत्री, मांजरे, अस्वल वगैरे. ३२ पैकी १४ कोटी नष्ट झालेल्या आहेत.

सस्तनांच्या काही कोटी फारशा कुणाला माहीत नसतात. त्यांपैकी ३ कोटींचे प्रतिनिधी या घरात हजर आहेत. हायरेक्स हा दिसायला बिनशेपटीच्या उंदरासारखा असतो, पण त्याच्या पायाकडे निरखून पाहिल्यास त्याच्या पायांना डुकरासारखे खूर असल्याचे लक्षात येते. भूगर्भात खडू तयार झाला त्या काळाच्या शेवटी शेवटी अनेक सस्तन प्राण्यांचे पूर्वज असेच होते. पण हायरेक्सची उत्क्रांती इतरांच्या मानाने फार कमी झाली.

याशिवाय स्लॉथ आणि झाडावर रहाणारे मुंग्याभक्षी या घरात आहेत. झेनाथ्रा (किंवा एडेन्टेड) कोटीतले हे प्रतिनिधी आहेत. हे मुळातले दक्षिण अमेरिकेतले, पण त्यांतले काहीजण मध्य आणि उत्तर अमेरिकेत जाऊन पोहोचले होते. सुमारे दोन मीटर लांबीचे आर्मीडिलोस आणि जवळजवळ हत्तीएवढे राक्षसी स्लॉथही याच कोटीत येतात. मुंग्याभक्षी प्राण्याला अजिबात दात नसतात, तर स्लॉथला अगदी थोडे असतात. इतर सस्तन प्राण्यांप्रमाणे ह्यांना आपल्या शरीराच्या तापमानावर नियंत्रण ठेवता येत नाही.

त्या घरात ट्युबुलीडेन्टाटा या कोटीतला उरलेला एकमेव प्राणी आर्डवार्क हा आहे. तो दक्षिण आफ्रिकेचा रहिवासी असून त्याचे नाक डुकरासारखे व कान सशासारखे असतात. खणण्याच्या कामात त्याचा कुणी हात धरू शकणार नाही. तो बिळात रहातो आणि मुंग्यांची वारुळे खणून त्यांतले अन्न खातो. मोल हा प्राणी जंत पकडण्यासाठी भुसभुशीत जमीन उकरतो, पण आर्डवार्कचे तसे नाही, तो कठीण व कोरडी जमीन उकरतो आणि तीही अगदी सहज. ह्या घरातल्या त्याच्या बिळाची जमीन जर सिमेंटची नसती तर तो क्षणात जमिनीत पसार झाला असता.

त्या घरात पुष्कळ गलगोस आहेत. गलगोस म्हणजे लहान आकाराचे असून ते माणसे व माकडे यांच्या पूर्वजांसारखे दिसतात. या प्राण्यांना उजेड आवडत नाही. त्यांना नीट बघायचे तर या प्राणिसंग्रहालयाला रात्री भेट दिली पाहिजे, पण ते अशक्य आहे. रात्री त्यांच्या हालचाली चपळ व ढंगदार दिसतात.

मला उत्क्रांतीच्या वेगवेगळ्या शक्यता दर्शवणारे प्राणी बघायला आवडतात, सगळ्यांना तसे आवडेल असे नाही. काही अपृष्ठवंशीय प्राणी काही विचित्र गोष्टी करून बसले आहेत. आपले शरीर शंखात माववण्यासाठी हर्मिट खेकडे आपली पोटे आडवी वाकवून ठेवतात. बर्नाकल जन्मल्यानंतर कोलंबीसारखे पोहोतात, पण नंतर आपली डोकी दगडाला चिकटवून ठेवतात त्यामुळे त्यांना मागच्या पायांनी अन्न ढकलून तोंडात घालावे लागते.

प्रत्येक जीवनपद्धतीत सोईची रचना असते. नष्ट झालेल्या प्राण्यांच्या हाडांचा अभ्यास करून ते प्राणी कसे जगत असतील ह्यांचा अंदाज येतो, पण त्यांच्या जीवनक्रमाची कल्पना येते. काही प्राण्यांच्या बाबतीत तेही शक्य होत नाही. त्याचे कारण म्हणजे त्यांचा एखादा मऊ अवयव आपल्याला माहीत नसतो. उदाहरणार्थ, सरडा आपली जीभ झपकन बाहेर काढून किडे पकडतो. त्या वेळी ती जीभ ३० सें.मी. इतकी ताणली जाऊ शकते, पण ही गोष्ट जीवाश्मांवरून आपल्याला समजण्यासारखी नाही.

काही गोष्टी चमत्कारिक असतात. तुम्ही आर्डवार्क हा पाहिला नसेल तर तशा प्राण्याची कल्पना करणे अवघड आहे. शेअर्सचे दलाल किंवा हातांच्या खुणा करून संदेश पाठवणारे लोक हे जर आपल्याला माहीत नसते तर त्यांची कल्पना करणे अशक्य होईल. कदाचित ते दोघेही लवकरच नष्ट होतील. माझ्या आयुष्यात ते होईल अशी मी आशा करतो. चमत्कार करून दाखवणारे साधू, पाऊस पाडणारे मांत्रिक, भाकिते करणारे ज्योतिषी, जादूटोणा करणारे हे आणि तसे अनेक धंदेवाईक पूर्वी महत्त्वाचे वाटत, पण त्यांच्याशिवाय आपलं काही अडत नाही. तेव्हा त्यांच्यापैकी जर कुणी मुंग्याभक्षी किंवा मड-स्किपरसारखे दिसत असतील तर त्यांचे नमुने या घरात ठेवायला हरकत नाही. पण त्यांच्या जीवनक्रमामुळे त्यांची शरीररचना बदललेली नाही, तेव्हा त्यांच्या ऐवजी आर्डवार्कलाच ठेवणे अधिक श्रेयस्कर ठरेल.



## वन्य प्राण्यांची गणना

निसर्गाच्या इतिहासाला शास्त्रीय स्वरूप द्यायचे असेल तर प्रथम एकेका प्रकारचे किती प्राणी एका प्रदेशात आहेत हे जाणून घेणे अगत्याचे ठरते. आपल्या भूमीचा वैज्ञानिक पद्धतीने उपयोग करण्यासही अशा माहितीचा उपयोग होतो.

काही वेळा अशी गणना करणे सोपे असते. एका समुद्रकिनाऱ्यावर दोन भरत्यांमधे किती कालवे होती हे मोजायचे कुणी ठरवले तर ते अशक्यच होईल. पण तारेचा १ मीटर चौरस बनवून तो ठिकठिकाणी टाकून त्यातली कालवे मोजली तर ते सोपे होईल. ह्या पद्धतीने संबंध कालवांची संख्या मोजली तर बहुतांशी बरोबर ठरेल.

फिरणाऱ्या प्राण्यांची संख्या मोजणे त्यामानाने अवघड असते. सावकाश हालचाल करणाऱ्या (गांडूळ, बीटल कीटक यांसारख्या) प्राण्यांची गणना करण्याकरता नमुना-पद्धती उपयोगी पडते. कुरणातील १ चौरस मीटर जमीन एका मीटर खोलीपर्यंत खणून काढली आणि त्यातली सर्व गांडूळे मोजली तर त्या परिसरातल्या गांडूळांच्या संख्येचा अंदाज करता येतो. त्यातून मिळणारी माहिती आपल्या कल्पनेपेक्षा अगदी वेगळी असू शकते. कोलंबोला हा ब्रिटनमध्ये सर्वत्र मिळणारा कीटक जेमतेम एक मिलीमीटर लांबीचा असतो. ब्रिटनमधल्या दहा माणसांपैकी एकाने तरी हा कीटक पाहिला असेल का याबद्दल शंका आहे. पण मोजदाद केली तेव्हा एक एकर जमिनीत चाळीस कोटी इतके कोलंबोला सापडले. इकडून तिकडे संचार करणाऱ्या प्राण्यांची गणना करणे अधिक अवघड ठरते. पण त्यालाही अपवाद आहे (म्हणूनच नियम सिद्ध होतो). पक्षी हे सर्वाधिक संचार करणारे प्राणी आहेत. त्यांची गणती वसंत ऋतूत करणे सोपे जाते.

त्या वेळी त्यांची घरटी मोजून पक्ष्यांच्या संख्येचा अंदाज करता येतो. थेम्स नदीच्या खोऱ्याच्या वरच्या भागात सुमारे ९१० चौरस मैलांच्या परिसरात डोंबकावळ्यांच्या ३०५०० जोड्या आहेत, तर संबंध इंग्लंडमध्ये ४००० बगळ्यांच्या जोड्या आहेत. जगात १०० अब्ज पक्षी आहेत. थोडा फार फरक असेल, पण ही संख्या बहुतांशी बरोबर आहे.

जे प्राणी आपली घरटी ठराविक जागी बांधत नाहीत असे प्राणी मोजणे अधिकच कठीण असते. माशा किंवा मासे ह्यांची घरे शोधणे महाकठीण असते. एका कुरणातले उंदीर मोजायचे ठरवले तर सगळे उंदीर सापळे लावून पकडून मोजता येतील. पण हे सगळे सापळ्यात अडकण्यापूर्वी बाहेरचे काही उंदीर कुरणातल्या रिकाम्या जागेत आले असणे शक्य असते. उंदरांची गणना करताना मोजून झालेल्या उंदरांच्या पायात क्रमांकाची एक अंगठी अडकवतात. फुलपाखरांच्या एका पंखावर खुणेचा ठिपका काढतात. माशांची गणती करण्याकरता त्यांच्या एका पंखाच्या तळाशी शिशाचे बटन अडकवतात. अशा खुणांच्या मदतीने संचार करणाऱ्या प्राण्यांची मोजदाद करणे शक्य होते.

हॅकर आणि पियरसन या दोघांनी शेतातले उंदीर मोजण्याकरता प्रत्येक १०० मीटर चौरस जागेत सहा सापळे लावले होते. त्या सापळ्यात अन्न आणि उबदार जागा ठेवली होती. प्रत्येक मोजलेल्या उंदराला खुणेची पट्टी होती. एकच उंदीर पुन्हा पुन्हा सापळ्यात अडकतो ही वस्तुस्थिती आहे. प्रत्येक प्रौढ उंदीर सुमारे सहा महिन्यांनी पुन्हा पकडला जाई असे दिसून आले.

आफ्रिकेतल्या तसेल्ले माशा पकडण्याची एक युक्ती जॅक्सन यांनी शोधून काढली. तिचा उपयोग करून डाउडस्वेल फोर्ड आणि फिशर यांनी टीन बेटावरची निळी फुलपाखरे मोजली. प्रत्येक दिवशी ते सुमारे साठ फुलपाखरे पकडत, त्यांच्यावर खूण करून सोडून देत. मग पुढच्या दिवशी त्यातली किती पुन्हा त्यांच्या जाळीत अडकत याची ते नोंद ठेवत. एक दिवस त्यांनी ५२ फुलपाखरे पकडली. दुसऱ्या दिवशी ५० फुलपाखरे त्यांच्या जाळीत अडकली, त्यांच्यापैकी १४ खुणा केलेली होती. म्हणजे सापडलेल्यांपैकी २८ टक्के. २४ तासांत फुलपाखरात नवीन जन्म किंवा मृत्यू झाला नसेल तर खुणा केलेली ५२ फुलपाखरे म्हणजे एकूण फुलपाखरांच्या २८ टक्के होती. म्हणजे बेटावर त्या प्रकारची एकूण १८६ फुलपाखरे होती.

अशा प्रकारे वेगवेगळ्या दिवशी त्यांना फुलपाखरांची गणती करता येऊ शके. खुणा केलेल्या फुलपाखरांच्या संख्येचे कमी झालेले प्रमाण तपासून कोशातून बाहेर आलेल्या फुलपाखराचे आयुष्य किती असते हेही काढता आले. शेजारचे बेट फक्त २५०

मीटर अंतरावर होते, पण खुणा केलेली फुलपाखरे तिथे गेली नव्हती. जॅक्सनच्या तसेल्ले माशा मोजण्याच्या प्रकल्पाच्या मानाने हे काम सोपे होते कारण तसेल्ले माशी तिच्या आयुष्यात किती प्रवास करते हे काढणे जॅक्सनच्या प्रकल्पात आवश्यक होते, हा प्रवास काही मैलांचा असू शकतो असे त्या निरीक्षणात आढळून आले. आफ्रिकेतल्या झाडोऱ्यात प्रत्येक २.२० चौरस कि. मी. मध्ये सुमारे १०००० तसेल्ले माशा असण्याचा संभव आहे. त्या माशांमुळे माणसांना झोपेचा रोग आणि जनावरांना एक जीवघेणा रोग जडतो, आणि म्हणून त्यांचा नायनाट करणे जरूर आहे. तसेल्ले माशा नष्ट करण्याचे अनेक उपाय योजले जात आहेत. झुडुपे आणि गवत जाळून आणि ज्यांच्या रक्तावर या माशा जगतात अशा प्राण्यांना मारून टाकण्यानेही त्या माशांची संख्या आटोक्यात आणता येते. त्या माशांना पकडून त्यांची संख्या किंचित कमी करता येते.

डीडीटी हे एक नव्याने तयार केलेले जंतुनाशक वापरून त्या माशांचा नायनाट करणे हा सध्याचा आशादायी उपाय समजला जातो. दक्षिण आफ्रिकेत झुलूलंडच्या किनाऱ्यावर तसेल्ले माशांनी ग्रासलेला एक प्रांत आहे. त्या प्रांतावर विमानाने डीडीटीच्या धुराचे फवारे मारण्यात येतात. जिथे विमाने पोहोचू शकत नाहीत तिथे दुसऱ्या पद्धतीने हे फवारे मारतात. जनावरांच्या अंगावर बसलेल्या माशा मराव्यात म्हणून त्यांच्या अंगावरही डीडीटी मारण्यात येते. अशा सर्व उपायांनी एकूण एक माशा नष्ट झाल्या तरच फायदा आहे, नव्याण्णवं टक्के पुरेसे नाहीत. काही महिन्यांच्या उपायाने जर त्या अंशतः नष्ट झाल्या तर डीडीटीला प्रतिकार करणाऱ्या माशांची जात उत्क्रांत होण्याची शक्यता आहे. कॅलिफोर्नियातील मोसंब्याच्या झाडांना लागणाऱ्या कीटकांची उत्क्रांती होऊन हायड्रोजन सायनाइड या विषारी द्रव्याला प्रतिकार करणारे कीटक जन्माला येऊ लागले.

प्रजनन होणाऱ्या प्राण्यांची कमीतकमी संख्या वर्षभरात मोजणे हे अनेक दृष्टीने महत्वाचे आहे. ही संख्या जेव्हा कमी होते तेव्हा त्या प्राण्यांचे गुणधर्म केवळ योगायोगाने बदलण्याची शक्यता असते. नैसर्गिक निवडीचा नियम हा तिथे धाब्यावर बसवला जातो. ड्युबिनिन या शास्त्रज्ञाने हे प्रथम दाखवून दिले. तो त्या बदलाला 'जेनेटिको ऑटोमॅटिक प्रक्रिया' असे म्हणतो. रशियन भाषेतल्या नावाचे ते भाषांतर आहे. कदाचित मी बूझ्वा विचारसरणीचा आहे असा माझ्यावर आरोप होण्याचा संभव आहे, तरीही मला या प्रक्रियेला अमेरिकेच्या राईट या शास्त्रज्ञाने वापरलेला शब्दच अधिक बरोबर वाटतो, तो त्याला 'ड्रिफ्ट' म्हणतो. ड्युबिनिनच्या नंतर त्याने हे निरीक्षण केले आणि त्यासंबंधीचा एक सिद्धांत मांडला. ड्रिफ्ट मोजण्याकरता एका जातीचे हजारो प्राणी पकडावे लागतीलच, पण शिवाय त्यांचे रंग, आकार वगैरे बघून वर्गवारी करावी लागेल.



आणि निदान काहींचे प्रजनन करवावे लागेल. हे सगळे अनेक वर्षे पुन्हा पुन्हा करून बघावे लागेल. तेव्हाच हा बदल म्हणजे स्थिर उत्क्रांतीचा एक टप्पा आहे की योगायोगाने झालेला आहे हे ठरवता येईल. थोडक्यात सांगायचे तर वन्य प्राण्यांची गणना करणे हे जीवनभराचे काम आहे.



## मला बेडूक का आवडतात ?

इंग्लंडच्या दक्षिण भागातल्या डबक्यांमधून बेडूक वीण घालू लागले आहेत. पण त्या प्रदेशात दव गोठण्याचा संभव असतो, अशा वेळी त्या अंड्यांचा टिकाव लागणे कठीण होईल. बेडकांची अंडी नष्ट झाली तर मला वाईट वाटेल कारण मला बेडूक आवडतात. आता मी जेव्हा बेडूक म्हणतो तेव्हा बिनशेपटीचे सर्व उभयचर प्राणी मला अभिप्रेत आहेत. इंग्लंडमध्ये बेडकांच्या तीन जाती सापडतात. सामान्य बेडूक, सामान्य टोड आणि मॅटरजॅक टोड. इतर देशांत या बेडकांचे व टोडांचे नातेवाईक बरेच प्राणी सापडतात. पण त्यात एक अधिक जवळचा किंवा दूरचा आहे असे दिसत नाही.

उभयचर प्राण्यांच्या ३ कोटी (ऑर्डर) आहेत, बेडूक त्यांतल्या एका कोटीत येतात. शेपटी असलेले चोपई सरडे किंवा सलामॅंडर सरडे हेही उभयचर आहेत. काही उभयचरांना पाय किंवा शेपटी असत नाही, त्यातले बहुतेक सगळे आंधळे असतात, ते जमिनीखाली राहतात आणि त्यांचा जीवनक्रम गांडुळांच्या जीवनक्रमासारखा असतो. उभयचरांत बेडकांनी जी प्रगती केली आहे तिची तुलना काहीशी माणसांच्या प्रगतीशी होऊ शकेल. बेडकांची काय उत्क्रांती झाली आहे ? त्यांची शेपूट गळून गेली, मागचे पाय पुढच्या पायांच्या मानाने बरेच मोठे झाले आणि त्यांची डोकीही इतरांच्या मानाने मोठी झाली आहेत. अर्थात माणसासारखा त्यांच्या मेंदूचा विकास झालेला नाही. पुढच्या पायांचा उपयोग ते पकडण्यासाठी किंवा काही वेळा चढण्यासाठी करत असले तरी त्यांचे ते अवयव त्या कामात वाकबगार झालेले नाहीत म्हणजे पक्ष्यांची चोच घरटी बांधण्याच्या कामात वाकबगार असते तसे बेडकांच्या पायांच्या बाबतीत म्हणता येत नाही.

इंग्लंडमधल्या बेडकांना पाण्यात अंडी घालावी लागतात आणि अंड्यातून बाहेर

पडल्यावर पिलांना शोपटी असलेल्या अवस्थेत काही महिने काढावे लागतात आणि त्यामुळे बेडकांच्यावर संचारमर्यादा आली आहे. त्यांना जमलेल्या किंवा संथ पाण्याहून फार दूर जाता येत नाही. इतर ठिकाणच्या काही बेडकांनी त्यातून मार्ग काढलेला दिसतो. दक्षिण अमेरिकेतले कित्येक बेडूक रानातल्या झाडांवर रहातात. त्या झाडांच्या सालीवर उगवणाऱ्या वनस्पतींमध्ये जे पाणी साठते त्यात ते अंडी घालतात. विषीच्या हंगामात जिथे रोज पाऊस पडतो त्या प्रदेशातले बेडूक बरेचदा पाण्याबाहेरच अंडी घालतात. विषुववृत्ताच्या आसपासच्या प्रदेशातले कितीतरी बेडूक झाडांची पाने चिकटवून घरटी बांधतात आणि त्यांत अंड्यांचा पुंजका घालून ठेवतात. ती घरटी झरे किंवा साठलेल्या पाण्याच्यावर लोंबत असतात. अंड्यांतून प्रथम अवस्थेतले बेडूक बाहेर आले की ते पाण्यातच पडतात. जेव्हा पाण्यावर लोंबत ठेवणे सोईचे नसते तेव्हा ती घरटी पाण्याच्या इतकी जवळ असतात की अंड्यातून बाहेर पडल्यावर फार प्रयास न करता पिले पाण्यात जाऊन पोहोचू शकतात. काही बेडूक जमिनीत बीळ करतात, फ्रान्समध्ये त्या जातीतले बेडूक प्रामुख्याने आढळतात. जपानमध्ये बेडकांची एक जात सापडते, त्यातल्या नरमादींच्या जोड्या तळ्याच्या काठावर बीळ करतात, त्याच्या आत जाऊन बिळाचे तोंड बुजवून टाकतात, तिथे अंडी घालतात आणि मग एक बोगदा खणून पाण्याला जोडून देतात, त्यातूनच आपण बाहेर निघून जातात. अंड्यातून बाहेर पडलेली पिलेही त्याच मार्गाने पाण्यात शिरतात. पाण्याच्या बाहेर अंडी घालणारे काही बेडूक अंड्यांच्या पुंजक्याला लाथा मारत बसतात. त्यामुळे पुष्कळ फेस तयार होतो. त्या फेसात अडकलेली हवा त्या अंड्यांना वाढायला उपयोगी पडते. काही बेडूक आपली अंडी आपल्याबरोबर घेऊन फिरतात. फ्रान्समध्ये सापडणाऱ्या बेडकांच्या एका जातीतले (मिडवाइफ टोड) नर बेडूक मादीने घातलेल्या अंड्यांची माळ आपल्या मागच्या पायांना गुंडाळून सर्वत्र हिंडतात.

पश्चिम आफ्रिकेत बेडकांची एक जात आहे, त्यातले बेडूक अंडी न घालता एकदम पिलांनाच जन्म देतात. पिलं घालणारे हे एकमेव बेडूक आहेत. पाण्यापासून दूर डोंगरांच्या ओलसर कडांवर हे बेडूक राहू शकतात. एक जात आणखीनच विलक्षण असते. त्यातली मादी पाठीवरच्या पिशवीत अंडी घालते. सस्तन प्राण्यांच्या गर्भाशयात पिलांचे पोषण होते तसे या पिशवीत त्या अंड्यांचे पोषण होते. चिलीमधील बेडकांची जात सर्वांत विचित्र म्हणावी लागेल. त्या जातीला 'ऱ्हायनोडर्मा डार्विनी' असे नाव आहे. त्या जातीतले बेडूक जमिनीवर अंडी घालतात. लवकरच नर बेडूक त्या अंड्यांना गराडा घालतात. त्यांच्यावर लक्ष ठेवून साधारण दोन आठवड्यांनंतर पिलं बाहेर पडू लागली की लगेच त्यांना एकेक करून गिळून टाकतात. ही पिले त्यांच्या पोटात न जाता मानेच्या जागी असलेल्या पिशवीत जातात. बेडकांना मान नसते पण त्या जागी

चेहऱ्याच्या दोन्ही बाजूंना त्या पिशव्या असतात, त्यांत हवा भरली जाते, त्यामुळे बेडकांचा डराव डराव असा आवाज येतो. इंग्लंडमधल्या बेडकांच्या पिशव्यांचा आकार लहान असतो, पण खाण्याजोग्या बेडकांच्या पिशव्या चांगल्याच मोठ्या असतात, त्यातून आवाजही मोठा निघतो. वर सांगितलेले ऱ्हायनोडर्मा बेडूक जेव्हा पिलांना गिळतात तेव्हा ती पिलं या पिशव्यांत जाऊन पोहोचतात. त्या पिशव्या बऱ्याच ताणल्या जाऊ शकतात. त्यातून चिकट द्रव पाझरतो. त्या द्रवावरच ही पिलं पोसतात. पाय फुटेपर्यंत पिले त्या पिशवीतच रहातात. एकदा पाय फुटले की त्यांना तोंडातून बाहेर काढायला बेडकांना त्रास होतो. पण एकदा बाहेर आली की ती पिलं जमिनीवर राहू शकतात. पिलं बाहेर टाकल्यापासून किती दिवसांनी बेडूक पिशव्यांतून आवाज काढू शकतात हे मला माहीत नाही. आधी पिलांनी नर बेडकांच्या पिशव्यांत वाढणे ही एक विचित्र घटना आणि ती पिलं त्याचीच असतील असे नाही हे त्याहूनही विचित्र. माशांच्या काही जातीतही अशा प्रकारची घटना दिसून येते. त्यांच्यातला नर मासा आपल्या तोंडात अंडी ठेवून घेतो. अंडी फुटून पिलं स्वतंत्रपणे राहू शकेपर्यंत, म्हणजे काही आठवडे, हे नर मासे त्यांना आपल्या तोंडात बाळगतात.

जमिनीवर आयुष्य काढणाऱ्या बेडकांनी पाण्यात अंडी घालावी लागण्याच्या गैरसोईवर कशी मात केली याचा पूर्ण तपशील मी दिलेला नाही. पण त्याकरता बेडकांनी विविध मार्ग आत्मसात केले आहेत याची कल्पना मी निश्चित दिली आहे. बेडूक आणि टोड या प्राण्यांच्या बाबतीत ब्रिटन संपन्न नाही. मूळचे रहिवासी तीनच आहेत. नव्याने वसाहत केलेल्या एकदोन जाती आहेत. फ्रान्समध्ये चौदा मूळच्या रहिवासी जाती आहेत. त्यांच्या तुलनेत तीन आणि एकदोन म्हणजे काहीच नाही. ज्या आहेत त्यांनाही स्थलांतर करता येत नाही. खाऱ्या पाण्यात ते जगत नाहीत आणि चुनामिश्रित कोरड्या डोंगरांना पार करणे त्यांना अशक्यप्राय असते. केंट प्रांतातल्या रोम्नी या दलदलीच्या प्रदेशात बेडकांच्या काही नव्या जाती आणल्या गेल्या आहेत. पण माणसांच्या मदतीशिवाय डोंगर ओलांडून दुसऱ्या नदीच्या खोऱ्यात शिरण्याकरता त्यांना कित्येक शतके लागतील.

इंग्लंडमध्ये विविध जातीचे बेडूक वसवले जावेत असे मला वाटते (विशेषतः मिडवाइफ टोड आणि जमिनीत बिळे करणारे बेडूक). ते ज्या हवामानात वाढतात तसे हवामान इंग्लंडमध्ये सापडते. तेव्हा ते इंग्लंड व स्कॉटलंडच्या प्रदेशात निश्चित चांगले वाढतील. पण म्हणून त्यांची बेसुमार वाढ होऊ देणेही बरोबर ठरणार नाही. एखादा परदेशी प्राणी दुसऱ्या देशात वसवला जातो तेव्हा एकतर तो स्वतः नष्ट होऊ शकतो, नाहीतर मूळच्या रहिवाशांना जाचक ठरतो.

नव्या प्रदेशात चांगला जम बसण्याचे मुख्य कारण म्हणजे त्याच्या मूळ प्रदेशातल्या शत्रूंपासून तो दूर जातो. युरोपमध्ये कित्येक ठिकाणी बगळे, करकोचे यांच्यामुळे

बेडकांची संख्या मर्यादित रहाते. ब्रिटनमध्ये करकोचे नाहीत, तेव्हा तिथे वसवलेले नवे बेडूक इथे चांगलेच वाढतील. ते इथल्या मुळातल्या रहिवासी बेडकांशी स्पर्धा करतील, त्यांच्यात नवे रोग पसरवू शकतील आणि मग इथले बेडूक नष्ट होऊ शकतील. माणसाच्या जाती याच प्रकारे एकमेकींशी स्पर्धा करतात. प्रशांत महासागरातल्या बेटांवर जेव्हा युरोपमधले लोक गेले तेव्हा त्यांनी आपल्याबरोबर गोवर नेला. त्या गोवराने बेटावरच्या कितीतरी मूळ रहिवाशांचा बळी घेतला. पीत आजार हा रोगाचा पश्चिम आफ्रिकेतला रहिवासी प्रतिकार करू शकतो, पण युरोपीय माणसाला त्याचा प्रतिकार करणे शक्य झाले नाही. त्या कारणाने पश्चिम आफ्रिकेत त्यांनी वसाहत केली नाही. तेच ब्राझिलमधले हवामान युरोपच्या हवामानाशी मिळतेजुळते असल्याने तिथे युरोपीयांची वसाहत झाली.

दक्षिण रशियातल्या स्टेपीज या प्रदेशात वनीकरण करण्याकरता एक मोठी संस्था योजना आखत आहे. ब्रिटनमध्ये जैव योजना आखण्याकरता जाणकारांचा गट नाही. शेती, मत्स्य उत्पादन, नदी-संरक्षण, मधुमक्षीपालन अशा कामांवर बाहेरून आणलेल्या प्राण्यांचा काय परिणाम होईल याचा अभ्यास करणारी संस्था जोवर आपल्याकडे नाही तोवर आपल्याकडच्या प्राण्यात भर न टाकणेच बरे. हे खरे असले तरी मला वाटते की, डेव्हन किंवा कॉर्नवॉल येथील उबदार दऱ्यांमध्ये काही झाडांवर रहाणारे बेडूक वसवले तर चांगले होईल. तिथे त्यांचे चांगले बस्तान बसण्याची शक्यता आहे. तसेच आपल्या खेड्यातून काही मोठ्या आकाराचे बेडूक किंवा टोड वसवणे श्रेयस्कर ठरेल, फक्त त्यांच्या वसाहतीमुळे मूळच्या प्राण्यांना धोका नाही ह्यावर लक्ष ठेवावे लागेल.



## हंगेरीचे आक्रमण

हंगेरीच्या सरकारवर केलेला हा आरोप नाही, तर हंगेरीतल्या बेडकांनी इंग्लंडच्या प्रदेशात केलेल्या यशस्वी वसाहतीचा तपशील आहे.

आत्ता आत्तापर्यंत इंग्लंडमधील प्राण्यांत बेडकांच्या दोन आणि टोडांच्या दोन जातींचा समावेश होत असे. राना टेंपोररिया हा सामान्य बेडूक आपल्या देशात सर्वत्र सापडतो. राना एस्क्युलेंटा हा खाण्यायोग्य बेडूक सगळीकडे मिळत नाही. तो बहुधा धर्मगुरू, किंवा चैनी व हौशी जीवशास्त्रवेत्त्यांनी या देशात आणला असावा. त्याच्या वसाहती काही ठिकाणीच आढळतात. लंडनच्या जवळ असलेली या बेडकांची वसाहत रिचमंड पार्कपासून थेम्स नदीच्या पलीकडे टेडिंग्टनपर्यंत पसरली आहे. पण ह्या प्रदेशातही थोड्या ठिकाणीच हे बेडूक मिळतात. केंटिश टाऊनमध्ये या बेडकांची वसाहत होती. माझ्या माहितीनुसार या बेडकांच्या बहुतेक सर्व वसाहती दक्षिण इंग्लंडमध्ये आहेत. इतर सामान्य बेडकांच्या तुलनेत हे बेडूक मोठे असतात, आणि त्यांच्या अंगावर अधिक पट्टे असतात. त्यांच्यातल्या नर बेडकांच्या जबड्यामागे पिशव्या असतात. प्रजननाच्या ऋतूत हे बेडूक ओरडतात तेव्हा त्या पिशव्या फुगून बाहेर येतात.

सामान्य टोड हा सगळीकडे मिळतो, पण नॅटरजॅक नावाचे टोड मात्र तुरळक आहेत. किनाऱ्याजवळचे वाळूचे ढीग त्यांना फार आवडतात त्यामुळे साऊथपोर्ट आणि लँकशायरमधल्या आइन्सडेल या प्रदेशांच्या आसपास ते खात्रीने सापडतात. ह्या बेडकांना माणसांनी इथे आणले असे मानायला इथे जागा नाही.

प्राध्यापक ए. व्ही. हिल हे शरीरशास्त्रज्ञ आहेत. ते कॉन्सर्वेटीव्ह पक्षाचे खासदार म्हणून निवडून आले होते. प्राध्यापकसाहेब राना रिडिबंडा जातीचे बेडूक हंगेरीतून

इंग्लंडमध्ये आणत असत. ते बेडूक रंगाने हिरवे असून इतर खाण्यायोग्य बेडकांच्या मानाने मोठे असतात. मज्जातंतूवरच्या कामाकरता प्राध्यापक या बेडकांचे पाय वापरत असत. उष्ण रक्ताच्या प्राण्यांच्या मृत्यूनंतर लगेचच त्यांचे मज्जातंतू मरण पावतात. पण राना रिडिबंडा जातीच्या बेडकांचे मज्जातंतू बेडूक मेल्यावरही कित्येक तास काम करीत रहातात. दमट वातावरणात ठेवले तर त्यांच्या मज्जातंतूंची हालचाल काही दिवस होत रहाते. प्रा. हिलनी आणखीही एका गोष्टीचा शोध लावला. मज्जातंतूमधून जेव्हा प्रेरकशक्ती (इंपल्स) जाते तेव्हा उष्णता निर्माण होते. ती शक्ती अत्यंत अल्प असते, लक्षावधी प्रेरकशक्ती त्यामधून गेल्या तर मज्जातंतूचे तापमान १ अंशाने वाढते.

श्री. इ. पी. स्मिथ हेही खासदार होते आणि नाटककारही होते. रॉयल मिलिटरी कॅनॉलच्या जवळच त्यांचे घर होते. घराच्या आवारात एक तळे होते. रॉयल मिलिटरी कॅनॉल केंट या प्रदेशातून वहातो. त्याच्या आजूबाजूला रोम्नी दलदलीचे प्रदेश आहेत. स्मिथ यांच्या आवारातील तळ्यात हंगेरीचे पाहुणे बेडूक वाढले व त्यांचे प्रजननही झाले. काही वर्षांनी त्यांतले काही कॅनॉलमध्ये जाऊन पोहोचले. कॅनॉलच्या दोन्ही बाजूंना असलेल्या दलदलीत त्यांची वसाहत झाली, इतकी की, दुसऱ्या महायुद्धाच्या वेळी रोम्नी दलदली त्यांनी व्यापून टाकल्या.

हे बेडूक इतर बेडकांच्या मानाने मोठे असतात. ते बहुतेक सारा वेळ पाण्यात काढतात. बाहेर आले तरी पाण्याच्या जवळच रहातात आणि जरा काही झाले की पाण्यात डुबी मारून लपतात. त्यामुळे रोम्नी दलदलीच्या प्रदेशातल्या मूळच्या बेडकांची आणि टोडांची परिस्थिती बिकट झाली आहे. पाहुण्यांनी दलदलीतल्या अन्नासाठी व निवाऱ्यासाठी त्यांच्याशी स्पर्धा केली आणि त्यांची पिले खाऊन फस्त केली म्हणून मूळ रहिवाशांची संख्या फारच कमी झाली.

हंगेरीच्या बेडकांचा आवाज अतिशय मोठा असतो. विशेषतः प्रजननाच्या काळात ! ह्या जातीचे बेडूक ग्रीस ह्या देशात होते. अरिस्टोफेनच्या 'बेडूक' नावाच्या नाटकात त्यांचे समूहगान होते. अरिस्टोफेनच्या मते त्या बेडकांचे दोन आवाज असतात. दिवसा ते जो आवाज काढतात तो स्वयंचलित बंदुकीसारखा असतो. आणि दुसरा आवाज शेपटीवर पाय पडल्यास मांजर ओरडते तसा असतो. त्या दोन्ही आवाजांचे मिळून 'ब्रेकेकेकेश कोश' असे गाणे त्या नाटकात आहे.

क्लासिकल असोसिएशन नावाची एक संस्था आहे. ग्रीक भाषेतल्या उच्चारांचा त्या संस्थेत अभ्यास होतो. मे महिन्यात जेव्हा बेडकांचा प्रजनन काळ असतो तेव्हा त्या संस्थेने आपला एक गट आपलडोर या ठिकाणी पाठवावा, असे मी त्यांना सुचवेन. म्हणजे त्या गाण्याचा उच्चार त्यांना कळेल. अशा संदिग्ध मुद्द्यांकरता आपण संस्कृत भाषेतल्या लिप्यंतरावर अवलंबून रहातो. संस्कृत भाषा ही मौखिक पद्धतीने चालत आली

आहे. योग्य उच्चारांवर, विशेषतः धार्मिक विधी करताना, त्या भाषेचा फार कटाक्ष असतो. संस्कृत भाषेपेक्षाही बेडूक उच्चारांबाबत अधिक दक्ष असावेत. दलदलीच्या प्रदेशातल्या लोकांना बेडकांचे गाणे नकोसे वाटते. त्यांची तक्रार जरा अतीच आहे असे सृष्टीवेत्त्यांना वाटते. मला मात्र ते गाणे राजकीय प्रचारास योग्य वाटते.

डोंगरांवर चढून संबंध केंट प्रांतात वस्ती करून ते बेडूक इंग्लंडवर आक्रमण करतील हे संभव नाही. पण त्यांचे कुणी स्थलांतर केले तर ते इतर दलदलीच्या प्रांतात नक्कीच आपले बस्तान बसवतील. एकोणीसशे एकोणचाळीस साली प्रा. हिल यांनी केंब्रिजजवळच्या कॅम नदीत त्या जातीचे ५० बेडूक नेऊन सोडले होते, पण तिथे त्यांचा टिकाव लागला नाही असे दिसते. नदीत सोडल्याने ते विखुरले जाऊन इतके दूर दूर गेले की एकोणीसशे चाळीस सालच्या वसंत ऋतूत नर-मादी एकमेकांना भेटलेच नसावेत. प्राध्यापकांनी जर काही बेडकांना तळ्यात सोडले असते तर त्यांतले काही बेडूक तरी तिथेच राहिले असते व त्यांचे प्रजनन झाले असते. मग हळूहळू साठलेल्या पाण्यात त्यांनी आपली वस्ती केली असती.

बंदीखान्यात हे बेडूक खाण्यायोग्य बेडकांशी मीलन करून प्रजनन करतात. त्यांतून निर्माण झालेली प्रजा हायब्रिड असते की प्रजननक्षम असते हे अजूनपर्यंत निश्चित माहीत नाही. नॅचरल हिस्ट्री म्युझियमचे डॉ. माल्कम स्मिथ हे झुऑलॉजिकल सोसायटीपुढे या रोम्नी दलदलीबद्दल बोलत होते. हंगेरीतून आलेल्या बेडकांच्या वस्तीबद्दल ते आशावादी आहेत. पुढील काही वर्षांत अशा वर्णसंकरातून झालेली पिले प्रजननक्षम असतील का याचा शोध घेता येईल असे त्यांना वाटते. राना रिडिबंडा आणि राना एस्कुलेंटा या दोन्ही जाती वेगवेगळ्या प्रदेशात रहातात पण जेव्हा त्या दोघांची वस्ती एका प्रांतात होते (फ्रान्स आणि जर्मनीतल्या काही प्रांतांत हे घडत असते) तेव्हा ते आपापले वेगळेपण टिकवून धरतात. या सगळ्यावरून आपल्याकडे एक नव्या इंग्लिश वन्य प्राण्याची जात तयार झाली आहे, असे दिसते.



## महत्त्वाची घटना

१९४४ साली सगळ्यात महत्त्वाची कोणती घटना झाली असे विचारले, तर अनेक उत्तरे ऐकायला मिळतील. त्यांतली बहुतेक सारी दुसऱ्या महायुद्धाच्या संदर्भातील असतील. कुणी म्हणेल पॅरिसची मुक्तता, तर कुणाला नॉर्मंडीत विमाने उतरवणे महत्त्वाचे वाटेल. काहींना साम्यवादी सैन्याचे विजय मोलाचे वाटतील, कारण त्यात जितके जर्मन सैन्य निष्प्रभ झाले तेवढे फ्रान्समध्येही झाले नव्हते.

पण वरच्या प्रश्नाला आणखीही एका बाजूने उत्तर मिळेल. एकोणीसशे चव्वेचाळीस सालच्या लंडन बर्ड रिपोर्टमध्ये एका घटनेचा उल्लेख आहे. त्या रिपोर्टमध्ये 'मिडलसेक्समध्ये लिटिल रिंग्ज प्लोव्हर पक्ष्यांनी घरटे केले' ही सर्वात महत्त्वाची घटना आहे असे नमूद केले आहे. यापूर्वी फक्त एकदाच म्हणजे अठराशे चौसष्ट साली त्या पक्ष्यांनी ब्रिटनमध्ये प्रजनन केल्याचे आढळले होते, त्यानंतर त्या जातीचा पक्षी लंडनच्या आसपास दिसला नव्हता. अमूक एका पक्ष्याने या देशात वसाहत करणे या घटनेबद्दल 'लंडन नॅचरॅलिस्ट' मासिकाच्या संपादकांना वाटते तेवढी चिंता मला वाटत नाही. पण मानवी समाजाचा विकास थोड्या वेगळ्या प्रकाराने झाला असता तर ही घटना राजकीय दृष्ट्या फार महत्त्वाची ठरली असती.

पूर्वीच्या मागासलेल्या समाजात दुर्मिळ पक्ष्यांना आर्थिक महत्त्व असे. वॉलेस या लेखकाने 'ट्रॅव्हल्स ऑन अमेझॉन अँड रिओ निग्रो' नावाचे पुस्तक लिहिले. त्यात कोलंबियातल्या इंडियन लोकांचे त्यांनी केलेले चित्रण अप्रतिम मानले जाते. ते लोक पुष्कळ पक्षी पाळत, त्यांत पोपटही असत. त्या पोपटांना इतस्ततः उडण्याचे स्वातंत्र्य असे. पण जेवणाच्या वेळी ते आपोआप परत येत. करकोचे आणि गरूड यांच्याकरता

मोठ्या खोल्या असत, त्यांना दिवसाला दोन कोंबड्या खायला मिळत. विविध पक्ष्यांच्या पिसांकरता हे लोक पक्षी पाळत. पिसांचे मुकूट बनवत. पोपटांच्या पिसांचा रंग त्यांना नैसर्गिक वाटत नसे, त्याकरता ते एक उपाय करत. पोपटाचे एक हिरवे पीस उपटून टोड जातीच्या बेडकाच्या कातडीवर जो द्रव पाझरतो त्यावर ते पीस घासत. त्यानंतर त्या पोपटाला येणारी पिसे पिवळी असत, असा समज होता.

त्या समाजातला चांगला पोषाख घातलेला मध्यम वयाचा माणूस माकडाच्या केसांच्या वेण्या पाठीवर सोडत असे, मण्यांची माळ घाले, त्यात दंडगोलाकृती पांढरा दगडही बसवत असे, जॅम्बर नावाच्या (हा वाघांच्या जातीतला एक प्राणी आहे) प्राण्यांच्या दातांचा कमरपट्टा घाली, पोटाच्याभोवती कडी आणि घोट्याभोवती आवाज करणारे पैजण घाली. त्यांच्या स्त्रियांमात्र फक्त पोटाच्याभोवती कडी घालत. या लोकांच्या मुख्याकडे पिसे आणि जॅम्बरचे दात यांचा मोठा साठा असे. त्या वस्तू युद्धांमध्ये जिंकून मिळवलेल्या असत. ती संपत्ती मानली जाई. गोरे लोक बळकावतील ह्या भीतीने इंडियन्स त्या वस्तू त्यांना दाखवतही नसत. इंडियन्समधली युद्धे शस्त्रे किंवा दागिने मिळवण्यासाठी होत. कधी कधी खऱ्या किंवा काल्पनिक कारणांचा सूड घेण्यासाठी त्यांच्यात लढाया होत, असे वॉलेसने लिहिले होते. त्याने मार्क्स वाचला नव्हता हे उघड आहे. पण युद्धाच्या आर्थिक कारणांचे त्याने चांगले विश्लेषण केले आहे.

काही कातडी सोडली तर आपण प्राण्यांपासून मिळालेल्या वस्तूंना तितकेसे महत्त्व देत नाही. पण सोने किंवा हिरा यांचे मात्र आपल्याला इतके महत्त्व वाटते की ते मिळवण्यासाठी माणूस जन्मभर कष्ट उपसायला तयार असतो. त्याकरता आपण लढाया करतो (उदा. बोअर वॉर) आणि त्या वस्तू हस्तगत झाल्या की आपण त्या जमिनीत पुरून ठेवतो. आपल्याला पक्ष्यांचे महत्त्व वाटले असते तर लिटल रिंग्ज प्लोव्हर हा पक्षी दिसला ही बातमी ऐकून त्याच्या पिसांकरता गर्दी लोटली असती. (चार्ली चॅप्लिनच्या गोल्डरशमध्ये आहे तशी) प्लोव्हर पक्षी काही वर्षांपूर्वी ब्रिटनमध्ये आले असते तर कदाचित हिटलरने सोव्हिएट युनियनऐवजी ब्रिटनवरच आक्रमण केले असते. हा पक्षी युरोपमध्ये सर्वत्र आढळतो. नव्या देशात त्याचा चंचूप्रवेश हा युरोपातल्या त्यांच्या मक्तेदारीला धोका ठरू शकला असता.

वैज्ञानिक दृष्टिकोनातून पहायचे तर या निरीक्षणाचे सार्वत्रिक महत्त्व फार नाही. इंग्लंडमध्ये दुर्मिळ पक्षी दिसणे या घटनेचे महत्त्व युरोपमधल्या जीवशास्त्रज्ञाला ब्रिटिश जीवशास्त्रज्ञापेक्षा अधिक वाटेल. एकोणीसशे चव्वेचाळीस साली फ्रान्समध्ये या पक्ष्यांची संख्या फार वाढली होती का ? त्यांना अन्नाची चणचण जाणवू लागली होती का ? याच वर्षात वॅक्सिंग पक्ष्याचे जे प्रचंड आक्रमण झाले त्याच्याशी प्लोव्हरांच्या आगमनाचा संबंध होता का ? अशा प्रकारचे प्रश्न जीवशास्त्रज्ञ विचारू शकतील. या

प्राण्यांची संख्या कमीजास्त होण्याकरता कोणते नियम लागू पडतील हे कळून घेण्याकरता वरील प्रश्नांची उत्तरे उपयोगी पडतील.

दुर्मिळ प्राण्यांना व्यापारात फारसे महत्त्व नाही हे एका दृष्टीने बरेच आहे. नाहीतर जगातल्या तेलक्षेत्रांबाबत जशी गुप्तता राखली जाते, तशीच दुर्मिळ प्राण्यांच्या वसतिस्थानांबद्दल गुप्तता राखावी लागली असती. त्यामुळे दुर्मिळ प्राण्यांचा अभ्यास करणे आत्ता आहे त्यापेक्षाही कठीण झाले असते. काही भूभागांवर अनपेक्षितपणे दुर्मिळ प्राणी वस्ती करतात. कोलंबोला या कोटीतला (ऑर्डर) एक बारीक कीटक आहे. त्याचे नाव स्यूडोसिनेला रिलिजिओसा असे आहे. हा प्राणी स्वीडनमधल्या एका चर्चच्या तळधरात तळ ठोकून बसलेला आहे. इतर कुठेही तो सापडत नाही. हे विशिष्ट तळधर कीटकशास्त्रज्ञांना महत्त्वाचे वाटण्याचे हे एक कारण आहे, पण याखेरीज आणखीही एक कारण आहे. तिथे एक कोरीवकाम आहे. त्यात सुमारे ३० सें.मी. लांबीची एक ऊ तेवढ्याच आकाराच्या मेंढीचे रक्त पीत आहे असे चित्रित केले आहे. त्यातील ऊ म्हणजे राज्य आणि मेंढी म्हणजे चर्च असे गृहित धरले होते. आता काही लोक त्याचा उलट अर्थ लावतात ते वेगळे.

एक दुर्मिळ आणि अभ्यास करण्यास योग्य अशा एका प्राण्याचे वसतिस्थान मात्र कुणालाच माहीत नाही. मेजर जनरल हियरसे यांनी कीटकांचा संग्रह केला होता. त्यांच्या मृत्यूनंतर तो संग्रह ब्रिटिश म्युझियमकडे सुपूर्द करण्यात आला. हिंदुस्थानात एका लढाईच्या वेळी नदी ओलांडण्याचा प्रसंग आला तेव्हा त्यांनी काही नमुने गोळा केले आणि त्या वेळी त्यांनी ते आपल्या टोपीला टोचून ठेवले. नंतर सावकाशीने त्यांची यादी केली. त्यांनी जमवलेल्या कीटकांपैकी बहुतेक सगळे सामान्यच होते, त्यांची किंमतही फार नव्हती. याचे एक कारण म्हणजे ते नमुने कुठे मिळाले याची त्यांनी नोंद ठेवली नव्हती. ह्यांतला एक कीटक - प्रोफॅलॅगोप्सिस ऑबस्कुरा - हा मात्र कमालीचा लक्षवेधी ठरला. तो कीटक त्याच्या जातीतला एकुलता एक ज्ञात नमुना आहे. पण ती जातही इतर कीटक जातींहून इतकी वेगळी आहे की, त्या जातीचा एक स्वतंत्र वर्ग करावा लागला. त्या कीटकांत वेगवेगळे प्राथमिक गुणधर्म एकत्रित झालेले आहेत. त्यामुळे रातकिडा (झिल्ली), टोळ या कीटकांचा जो एक सामाईक पूर्वज होता त्याच्यात आणि या कीटकात खूपच साधर्म्य आहे असे मानले जाते. मेजर जनरलसाहेबांनी इतक्या विविध ठिकाणी काम केले आहे त्यामुळे तो कीटक त्यांना कुठे मिळाला हे आपल्याला माहीत नाही.

मला सर्वात आवडणारी कहाणी मात्र पेरू देशाच्या रहिवाशाची आहे. त्या देशातल्या लायमा गावात त्याचे घर होते. एका रात्री बागेतून एक विचित्र आवाज आल्याने तो अतिशय अस्वस्थ झाला आणि त्याने आपल्या पिस्तुलाने अंधारात आवाजाच्या

दिशेने गोळी मारली. सकाळी एका मोठ्या प्राण्याचा देह बागेत मिळाला. तो प्राणी झुबकेदार शेंपटीच्या गिनीपिगसारखा दिसत होता. जीवशास्त्राला त्या प्राण्याची ओळख नव्हती. त्याला डायनोमाइस असे नाव देऊन त्याला नवीन वर्गात घातले. त्यानंतर त्या प्राण्याचे आणखीही काही नमुने मिळाले. पण पेरू देशाच्या इतिहासात त्या वर्षातली ही सर्वात महत्त्वाची घटना होती असे कुणी म्हटल्याचे मला आठवत नाही.



## रॉबिन

काही विशिष्ट मासिके किंवा पत्रिका विज्ञानात झालेल्या अस्सल कामांची व संशोधनाची माहिती देत असतात. वैज्ञानिक विषयांवर पुस्तकेही लिहिली जातात. पण कित्येक लेखक अशा पुस्तकांचा सारांश या मासिकातून आधीच प्रसिद्ध करत असतात.

संशोधनात्मक कामांची माहिती देणारी पुष्कळशी पुस्तके किंवा पत्रिका सामान्य वाचकांच्या आकलनापलीकडे असतात, ह्याचे कारण म्हणजे वाचकांना अमूक एक विषयाचे एका पातळीपर्यंत ज्ञान आहे असे गृहित धरूनच हे लिखाण केलेले असते. डेव्हिड लॅक यांचे 'रॉबिन पक्ष्याचे जीवन' हे पुस्तक मात्र त्याला अपवाद आहे. ह्या पुस्तकात सर्वांना परिचित अशा रॉबिन पक्ष्यावर त्यांनी केलेले संशोधन विस्तृतपणे लिहिले आहे. प्रत्येक शाळेच्या आणि सार्वजनिक वाचनालयात हे पुस्तक असायला पाहिजे. त्यात वैज्ञानिक संशोधनाचा वृत्तांत सोप्या भाषेत दिला आहे. कुणाच्या लक्षात आले किंवा नाही आले तरी संशोधनाकरता केलेल्या कार्याचे सामाजिक महत्त्व फार मोठे असते. डेव्हनशायर परगण्यातल्या वीस एकर इतक्या क्षेत्रावर असलेल्या रॉबिन पक्ष्यांचे लॅकनी निरीक्षण केले. सर्वप्रथम त्याने तेथले सर्व रॉबिन पक्षी पकडले. त्यांच्या पायात एकेक रंगीत कडे अडकवून त्यांना सोडून दिले. त्या क्षेत्रावर वयात आलेले अकरा ते एकोणोस रॉबिन पक्षी होते.

रॉबिन गाणे का म्हणतो ? एक तर आपल्या जोडीदाराला खूप करण्यासाठी किंवा केवळ आनंदासाठी रॉबिन गाण्यासारखा आवाज काढतो असा समज आहे. पण भांडण करण्याकरता रॉबिन गाणेच म्हणतो आणि आपली लाल छाती पुढे काढतो अशी वस्तुस्थिती आहे. इतर पक्ष्यांप्रमाणेच रॉबिनला आपल्या रहाण्याचे ठिकाण फार महत्त्वाचे वाटते.

शरद ऋतूत प्रत्येक नर रॉबिन एक एकराच्या प्रदेशावर रहातो. बहुतेकवेळ तो त्याच प्रदेशात घालवतो. क्वचित एखादेवेळी अन्न शोधायला बाहेर जातो. आपल्या प्रदेशात तो गाणे म्हणत अक्कडबाजपणे चालतो आणि गाताना दुसरा कुणी नर दिसला तर गाणे जोरात म्हणतो व पाहुण्याला टोचाही मारू लागतो. असे झाले की एखादा पाहुणा निघून जातो. पण काही वेळा पाहुणाही उलट गाणे म्हणून भांडू लागतो आणि प्रतिस्पर्ध्याच्या सर्व क्षेत्रात राहू लागतो. नव्या वर्षाच्या सुमाराला नव्या माद्या नरांच्या क्षेत्रात प्रवेश करू लागतात. त्या तिथे रहातील असे नाही. पण त्या वेळी गाण्यांची पर्वणीच सुरू होते. माद्यांना आकर्षित करण्याकरता त्या गाण्यांचा उपयोग होऊ शकतो. माद्यांना आपला जोडीदार शोधण्याचे पूर्ण स्वातंत्र्य असते. बाहेरून आलेल्यांपैकी एखादी मादी तेथल्या नराबरोबर त्याच्या प्रदेशात वस्ती करते. एकदा ती तिथे राहू लागली की नराला क्षेत्ररक्षणात मदत करू लागते. मार्च किंवा एप्रिलपर्यंत घरे थोडेफार बांधून होते. या काळात नर आपल्या मादीला खाण्याकरता किडे, दाणे आणून देऊ लागतो. अंड्यातून पिले बाहेर आली की त्यांना अन्न भरवण्याच्या कामात नर मादीला मदत करतो. काही वेळा मादी मध्येच आपल्या नराला सोडून दुसऱ्याकडे जाते. लॅकच्या अभ्यासात अशी दोन उदाहरणे आढळली. पण सामान्यपणे पिले स्वतंत्र होऊन जाईपर्यंत नरमादी एकत्रच रहातात. ऑगस्टपासून ऑक्टोबरपर्यंत नरमादी एकमेकांना सोडून देतात. पुढच्या वर्षी मादी नवा नर शोधते. नर एकाच प्रदेशात आयुष्यभर रहातो, माद्यामात्र स्थलांतर करतात. काही तर थंडीचे महिने फ्रान्समध्ये घालवतात. रॉबिन पक्ष्यातले नर हे घरकोंबडे असतात, तर माद्या सर्वत्र भटकतात व आपला नर निवडतात.

रॉबिन अशा प्रकारे का वागतात ? लॅकने पेंढा भरलेल्या पक्ष्यांच्या सहाय्याने अनेक मनोवेधक प्रयोग केले. आपल्या प्रदेशात ठेवलेल्या पेंढा भरलेल्या त्या पक्ष्यांना नर आणि माद्या धाक दाखवतात, कधी त्यांच्यावर हल्लाही करतात. शत्रूला पळवून लावू शकले नाहीत आणि तोवर घट्यात पिलं नसतील तर हे रॉबिन आपली घरटी सोडून जातात. पेंढा भरलेला पक्षी लाल छातीचा असेल तर त्याला धाकदपटशा दाखवतात, पण त्याची छाती वेगळ्या रंगाची असेल तर त्याच्या वाटेला जात नाहीत. रॉबिनची नजर बेताचीच असते. आपला जोडीदार मात्र त्यांना ओळखता येतो. आता अशी वागणूक आपल्याला असमंजस वाटेल. पण एखाद्या रॉबिनला बुद्धी असेल तर सोनेरी धातू एके ठिकाणी खणून दुसऱ्या ठिकाणी नेऊन पुरून ठेवतो ही माणसाची वर्तणूक त्याला तर्कशुद्ध वाटणार नाही. नर रॉबिन कुणी मारला असा प्रश्न जर शास्त्रीय दृष्टीने विचारला तर तो विचार करण्यासारखा ठरेल. निसर्गाच्या स्वाभाविक निवडीतूनच उत्क्रांती होत रहाते हे डार्विनचे म्हणणे कितपत खरे आहे हे या वरच्या प्रश्नाच्या उत्तरावरून कळू शकेल. रॉबिन पक्ष्याचे आयुष्य सुमारे अकरा वर्षे असते. नर-मादींची एक जोडी वर्षाला दोन

ते पाच अंडी घालू शकते. असे असूनही रॉबिन पक्ष्यांची संख्या बहुतांशी स्थिर आहे. वर्षाकाठी त्यात १/१० एवढी भर पडली तर १०० वर्षांत रॉबिन पक्ष्यांची संख्या १३७८१ पटीने वाढेल. प्रजनन कालापर्यंत जगलेल्या रॉबिन पक्ष्यांची जोडी आयुष्यात सर्वसामान्यपणे २० तरी अंडी घालते. ते पक्षी जर संरक्षित वातावरणात रहात असतील तर ते १०० अंडी घालू शकतील. अचानक आणि अवेळी मृत्यूचे संकट येणार नसेल तर प्रत्येकी दोन अंडी घातली तरी पुरेसे होईल. पण प्रत्यक्ष जन्मलेल्या १० पैकी नवांना जगण्यासाठी झगडावे लागते, आणि जे पन्नास जन्मू शकले असते त्यातल्या एकोणपन्नासवर झगडायची पाळी आली असती.

लॅक सांगतात, ज्या प्रदेशात मांजरे आणि मुलगे बरेच असतात तिथे एकूण घरट्यांपैकी अर्धी घरटी नष्ट होतात, पण डार्टिंग्टन येथे मात्र पुष्कळशी घरटी टिकली होती. काही पिलं अंड्यातून बाहेर येण्यापूर्वीच मरून जातात. आणि अंड्यातून बाहेर येऊन उडायला शिकून घरटी सोडून गेलेल्या पिलांपैकी ३/४ पहिल्या वर्षाच्या आतच मरतात. पहिल्या वर्षातल्या संकटांना तोंड देऊन जी जगतात त्यांतली अर्धीअधिक दुसऱ्या वर्षाच्या आत मरतात. अशा कारणांमुळे रॉबिन पक्ष्यांचे सरासरी आयुष्य जेमतेम १ वर्ष असते. आजपर्यंत रॉबिन पक्ष्यांच्या मरण्याची कारणे मुख्यतः मांजरे, उंदरांकरता लावलेले सापळे आणि मोटारगाड्या ही आहेतच, पण थंडी आणि उपासमार ही पण तितकीच महत्त्वाची कारणे आहेत. लाल छातीचा रॉबिन पिंजऱ्यात ठेवला तर तो आरडाओरडा करून नकोसे करून सोडेल. पण लॅकने त्यांच्यासाठी नऊ मीटर लांब, साडेतीन मीटर रुंद आणि सव्वा मीटर उंच असे प्रशस्त पिंजरे बनवले होते. अशा पिंजऱ्यात रॉबिन अंडी घालायला सहज तयार असतात आणि तेथे ते अधिक सुरक्षितही असतात.

लॅक हे शाळेत शिकवणारे गृहस्थ आहेत आणि त्यांनी फावल्या वेळात हे सर्व काम केले. सांगायला आनंद वाटतो की आता ते पक्ष्यांचा अभ्यास करणाऱ्या संस्थेचे मुख्य बनले आहेत. सामाजिक संस्थेत प्रत्येकाला वैज्ञानिक काम करण्याइतकी फुरसद मिळाली पाहिजे. करण्यासारखे पुष्कळच आहे. लॅकना रॉबिन पक्ष्याविषयी जेवढी माहिती आहे त्याच्या शतांशाने कुणाला चिमणीचा परिचय नसतो. एवढेच काय, मांजरांविषयीही आपल्याला फारशी माहिती नसते आणि इतर प्राण्यांविषयी आपली माहिती अगदीच तोकडी असते. १९३९ पासून युद्धांत गुंतलेल्या लोकांवरचा कामाचा बोजा कमी झाला की त्यांना अशा कामाला वेळ मिळेल. अशा प्रकारच्या कामांमुळे खूप मनोरंजन तर होतेच, पण शिवाय वैज्ञानिक कामात योगदान करता येते याची त्यांना जाणीव होईल.



## भोरडी ( स्टारलिंग )

थंडी चुकवण्यासाठी ब्रिटनमधून बाहेर गेलेले पक्षी आता (मार्च १९४८) परतू लागले आहेत. उन्हाळ्यात ते इथेच रहातील. पाकोळीसारखे काही पक्षी खूप दूर म्हणजे थेट दक्षिण आफ्रिकेपर्यंत गेलेले असतात. ज्या पक्ष्यांनी हिवाळा ब्रिटनमध्येच घालवला आहे ते आता उत्तरेला आणि पूर्वेला जाऊ लागले आहेत. तशाच एका पक्ष्याबद्दल मी काही सांगणार आहे. त्या पक्ष्याला भोरडी म्हणतात. या पक्ष्याच्या अभ्यासातून प्राण्याची वेगळी जात कशी तयार होते ते कळते. कधी कधी एका जातीतून दुसरी जात उत्पन्न होते असे डार्विनने सांगितले होते, त्याचा अनुभव आपल्याला भोरडीच्या बाबतीत येत आहे. भोरडी अनेक बाबतीत वैशिष्ट्यपूर्ण आहे. ब्रिटनमधल्या बहुतेक पक्ष्यांच्या मानाने ती अधिक संगतीप्रिय आहे. जवळजवळ वर्षभर त्या एके ठिकाणी प्रचंड समूह करून रहातात, एका समूहात लाख पक्षी असू शकतात. त्या ठिकाणापासून अन्नाच्या शोधात त्या रोज ३० ते ३२ कि.मी. दूर उडत जातात. रॉबिन पक्षी हा लहानशा क्षेत्रात बहुतेक आयुष्य घालवतो आणि आपली जोडीदार सोडून इतर सर्वांशी तावातावाने भांडतो. भोरडी पक्ष्यांत माद्या नरांच्या दुप्पट असतात, त्यामुळे एका भोरडीला दोन जोडीदार असणे सहज संभव असते. ब्रिटनमधल्या इतर लहान पक्ष्यांसारख्या त्या भांडखोर नाहीत असे दिसून येते.

लीड्स विद्यापीठाचे डॉ. बुलो यांनी भोरडीच्याविषयी अभ्यास केला आहे. ते सांगतात की ज्या उन्हाळ्यात इथे राहून अंडी घालतात त्या आयुष्यभर इथेच रहातात. पण ज्या ऑक्टोबरमध्ये इथे येतात व मार्चमध्ये इथून दुसऱ्या ठिकाणी प्रयाण करतात त्या मात्र युरोपमध्ये प्रजनन करतात. ज्या हिवाळ्यात स्कॉटलंडमध्ये येतात त्या



उन्हाळ्यात नॉर्वेला जातात. ज्या हिवाळ्यात इंग्लंडमध्ये येतात त्या स्वीडन, लॅटव्हिया आणि त्याच्या पलीकडे रशियातही जातात. ह्यांतले काही पक्षी स्थलांतर करतात असे काही वर्षांपूर्वी लक्षात आले होते, पण त्यांचे स्थलांतर करणारे आणि न करणारे असे दोन गट असतात. हे डॉ. बुलॉनी प्रथम नजरेस आणून दिले. ब्रिटनमधल्या ज्या भोरड्या स्थलांतर न करणाऱ्या आहेत त्यांची चोच फिव्या रंगाची असते असे डिसेंबर-जानेवारीत विशेषकरून जाणवते. अनेक भोरड्यांच्या पायांत रंगीत कडी घालून निरीक्षण केले तेव्हा गडद चोर्चीच्या भोरड्या मार्चमध्ये निघून जातात असे लक्षात आले.

ह्या पक्ष्यांच्या दोन गटांच्या वागणुकीतही फरक आहे. युरोपमध्ये स्थलांतर करणाऱ्या भोरड्यांचे लैंगिक अवयव हिवाळ्यात लहान होतात आणि त्या वेळी त्यांना प्रजननाची इच्छाही होत नाही असे दिसून आले. प्रजनन कालानंतर म्हणजे एप्रिलनंतर ब्रिटनमधल्या भोरड्यांचे लैंगिक अवयव लहान होतात, पण ते शरदऋतूत पूर्ववत होतात. त्या काळात क्वचित त्या अंडी घालतात. सर्वसामान्यपणे असा नियम सांगता येईल की, सेक्स हार्मोन्समुळे नर व मादी यांच्यातच आकर्षण निर्माण होते असे नाही, तर प्रजनन स्थलाविषयीही त्यांना ओढ निर्माण होते. स्थलांतर करणाऱ्या भोरड्या आपल्या प्रजनन स्थलाकडे उडत जातात. तिथे वसंत ऋतूत त्यांचे लैंगिक अवयव पूर्ववत होतात. ब्रिटनमध्ये स्थायिक झालेल्या भोरड्या वयात आल्यानंतर ब्रिटनमधल्या आपल्या घरापासून कायमच्या दूर जात नाहीत. वयात येण्यापूर्वी मात्र त्या घरापासून दूर जाण्याचे प्रयोग करतात.

प्राण्यांच्या भावनांविषयी फार अंदाज बांधणे बरोबर नाही. पण घर आणि जोडीदार यांच्याविषयी पक्ष्यांच्या भावना सारख्या होत्या असे दिसून येते. काही माणसांतही असे दिसून येते. माझ्या ओळखीचा एक माणूस सांगतो की त्याच्या बायकोला तिचे लग्न नवऱ्याशी झाले नसून घराशीच झाले आहे असे वाटते.

भोरडी कोणत्या गटातली आहे हे तिच्या आनुवंशिकतेमुळे ठरते आणि ते आयुष्यभर कायम असते. याचा अर्थ त्या दोन्ही गटांत रोटीबेटी व्यवहार होत नाहीत. अगदी क्वचित, स्थलांतर करण्याऐवजी एखादी भोरडी ब्रिटनमध्येच राहिली किंवा एखादी ब्रिटनमधली भोरडी पूर्वेकडे गेली तर बदल होण्याचा संभव नाकारता येत नाही. पण तसे अजून सिद्ध झालेले नाही.

स्थलांतर प्रवृत्तीखेरीज आणखीही काही सवयींच्या बाबतीत ह्या भोरड्या वैशिष्ट्यपूर्ण आहेत. युरोपमधून आलेल्या भोरड्या कधी शहरात वास्तव्य करत नाहीत, ब्रिटनमधल्या भोरड्या मात्र शहरातूनच रहातात. लंडनमध्ये मार्बल आर्च, सेंट मार्टिन्स आणि ट्रफालगर स्क्वेअर ही तीन ठिकाणे त्यांची आवडती क्षेत्रे आहेत. युरोपमधल्या पक्ष्यांच्या तुलनेत ब्रिटनमधल्या भोरड्या अधिक एकांड्या आहेत. काही जणी कधीच

अड्ड्यात बसत नाहीत, तर काही प्रजनन काळाच्या नंतर म्हणजे जुलै-ऑगस्टमध्ये अड्ड्यात जातात. भोरड्यांच्या या दोन गटांत शत्रुत्व आढळत नाही. उलट ब्रिटनमधल्या भोरड्या एकमेकींच्या बाबतीत असणार नाहीत, तेवढ्या परदेशी भोरड्यांच्या बाबतीत सहिष्णु असतात. देशी भोरड्यांच्यात कदाचित स्पर्धा आणि मत्सराची भावना जागृत होत असेल. भोरड्यांच्या या दोन गटांच्या पिसात, डोळ्यांच्या रंगात फरक असतो, पण तो सहज ओळखता येण्याइतका स्पष्ट नसतो. भोरड्यांचे हे दोन गट निर्माण होऊन दहा हजार वर्षेसुद्धा झाली नसतील. वनस्पतींचे अवशेष पाहिले तर दहा हजार वर्षांपूर्वी ब्रिटनमध्ये थंडीचे प्रमाण अधिक होते, त्यामुळे हिवाळ्यात तिथे येऊन रहायला पक्ष्यांना ते ठिकाण सोईचे नव्हते. प्राण्यांची नवीन जात निर्माण होण्याचा वेग पाहिला तर भोरड्यांच्या या गटांच्या दोन जाती अगदी स्पष्ट होण्याकरता आणखी वीस हजार वर्षे जावी लागतील. अशा भिन्न जातीत उत्क्रांती होण्याच्या एक दोन मार्गांची आपल्याला कल्पना करता येईल. स्थलांतर करणाऱ्या भोरड्यांना दूरवर उडत जावे लागल्याने त्यांचे पंख अधिक बळकट होत जातील, तेच स्थायिक भोरड्या घट्ट्यात जास्त वेळ काढू लागल्याने त्यांची पिसे एकमेकींच्या पिसांवर घासली जातील परिणामी त्यांच्या छातीवरची पिसे अधिक भक्कम होत जातील.

इतर पक्ष्यांच्या जातीही याच प्रकारे तयार होत असतील. युक्राइनमध्ये शेफिक पक्षी असेच दोन गटांत विभागले गेले आहेत. त्यांचे वेगळेपण त्यांच्या गाण्यावरून ठरते. ते दोन गट एकमेकांशी मीलन करत नाहीत असे प्रॉम्टॉव्ह सांगतात. अशा प्रकारे एका जातीच्या पक्ष्यांचे दोन गट पडून त्यांचे वेगळेपण जातीत रूपांतर होण्याची प्रक्रिया आपल्या नजरेसमोर घडणे शक्य नाही, पण प्रयोगशाळेत तशा धर्तीवर काही घडलेले आपल्याला बघत येते. कोझेव्हनिकोव्ह यांनी 'ड्रोसोफिला मेलॅनोगॅस्टर' या माशीचा वंश निर्माण केला. आपल्या मूळच्या वंशातल्या माशीबरोबर या नव्या माशीचे मीलन झाले तर त्यांची अंडी रिकामी (पिलं देऊ न शकणारी) असतील. तेच आपल्या नवीन गटातल्या माशांबरोबर मीलन झाल्यास त्या पिलं देणारी अंडी घालतात. पण एका जातीचे दोन गट पडून त्यांपासून स्वतंत्र जात तयार कशी होत असावी याची कल्पना भोरड्यांच्या उदाहरणावरून येते. डार्विन जर पाच मिनिटांकरता या जगात पुन्हा आला तर त्याला मी हे जरूर सांगेन.



## चाणाक्ष पक्षी

डार्विनचा 'प्राण्यांपासून मनुष्याची उत्क्रांती झाली' हा सिद्धांत जीवशास्त्रज्ञांनी जेव्हा स्वीकारला तेव्हापासून प्राण्यांमध्ये किती प्रमाणात बुद्धी आहे याचाही ते शोध घेऊ लागले. बुद्धीच्या मोजपट्टीवर चिंपेंझी आणि ओरांगुटांग यांचा वरचा क्रमांक लागतो. चिंपेंझी एखाद्या वस्तूचा अवजारासारखा उपयोग करतो यावरून त्याला बऱ्यापैकी अवकल असते असा निष्कर्ष कोहलर यांनी काढला. वर टांगलेले फळ काढण्यासाठी ते खोकी एकमेकांवर रचतात. पिंजऱ्याच्या बाहेर टांगलेल्या फळाला ओढण्यासाठी ते दोन लहान काठ्या एकमेकांत खोवून लांब काठी तयार करतात. कारागिरांचे कौशल्य ज्या बुद्धीमुळे उत्क्रांत झाले त्या बुद्धीचा मुळारंभ चिंपेंझीमध्ये झाला आहे हे त्यावरून स्पष्ट होते.

ज्या गणिती बुद्धीमुळे आपण उजवीकडचा दुसरा रस्ता किंवा तीन वस्तू अशा गोष्टी ओळखतो त्या बुद्धीचा मुळारंभ प्राण्यात कुठे झाला होता याचा शोध घेण्याचा निष्फळ प्रयत्न यर्क्स यांनी केला होता. अनेक पद्धतींपैकी एक पद्धत म्हणजे अनेक खोकी ओळीने प्राण्यांसमोर ठेवायची - काही उघडी, काही बंद. डाव्या बाजूच्या उघड्या खोक्यात अन्न ठेवले तर चिंपेंझीसारख्या काही प्राण्यांना तेवढी खुबी समजते. पण डाव्या बाजूच्या खोक्यांपैकी शेवटून दुसऱ्या उघड्या खोक्यात अन्न ठेवले तर ती कल्पना त्यांच्या लक्षात येत नाही. प्राण्यांना लाकडावरच्या बारीक खुणा किंवा वास यावरून अन्न कुठे ठेवलंय याची कल्पना येते. त्याकरता प्रत्येकवेळी त्याच खोक्यात अन्न ठेवणे टाळावे लागते.

दोन डुकरं सोडून इतर सस्तन प्राण्यांनी फारशी हुषारी दाखवली नाही. कोबर्न

आणि यर्क्स यांनी कावळ्यांना उजव्या बाजूचा शेवटचा दरवाजा निवडायला शिकवले, पण त्याकरता वेळ फार लागला. त्यामानाने सादोविंकोव्हा यांना दोन कॅनरी, गोल्डफिश आणि एक बुलफिच यांना शिकवण्यात बरेच यश मिळाले. एक कॅनरी बथ्थडच निघाला, पण इतरांनी यर्क्सच्या एपवरसुद्धा मात केली. दोनदा शिकवल्यावर गोल्डफिश डावीकडून सुरुवात करून वार उघड्या दरवाज्यांपैकी बरोबर दुसरे दार दाखवायचा. तीन ते नऊ इतके दरवाजे उघडे असतील तर मात्र तो एक चूक करत असे. नंतर तो तीन, पाच किंवा सात दरवाज्यांमधला दरवाजा दाखवण्याचेही शिकला.

सादोविंकोव्हांनी केलेल्या कामाचा पाठपुरावा एकोणीसशे त्रेंचाळीस सालापर्यंत कुणी केला नाही. एकोणीसशे त्रेंचाळीस साली फिनलंडमधले जीवशास्त्रज्ञ व्हॉन हार्टमन यांनी एक चंडोलपक्षी आणि दोन बुलफिच पक्ष्यांना घेऊन तो प्रयोग पुन्हा केला. हॉलंड या देशात प्राण्यांचे मानसशास्त्र या विषयाला वाहून घेतलेले 'वागणूक' नावाचे मासिक निघते, त्याच्या पहिल्या अंकात हार्टमनच्या प्रयोगांविषयी छापून आले. त्याच अंकात इतर लेखकांनी गांधीलमाशा, उंदीर व मासे यांच्या वागणुकीबद्दल लिहिले आहे. हवेत उडणारे किडे पकडणाऱ्या चंडोलाच्या पिलांना एका खोक्यात ठेवले. ते खोके त्यांच्या घरट्याजवळच ठेवले. नर व मादी दोघांनाही ओळीने मांडलेल्या खोक्यांपैकी बरोबर खोक्यात जाणे शिकावेच लागले. पण मादीने ती समस्या अचूक सोडवली आणि दहापैकी दाहीवेळा ती बरोबर खोक्यात शिरली, नर मात्र दहापैकी तीन ते चारदा चुकीच्या खोक्यात जाई.

चंडोल आणि बुलफिच यांच्या पिंजऱ्यात भोके असलेली अनेक खोकी ठेवली, त्यांपैकी कोणत्या खोक्यात अन्न ठेवले होते हे त्यांना शिकावे लागले. बुलफिच चुकला की त्याला शिक्षा म्हणून सर्व खोक्यांपुढे पडदा सोडत, पण चंडोल इतका भित्रा होता की त्याला तेवढीही शिक्षा देत नसत. मादी बुलफिच ही उत्तम विद्यार्थी ठरली. खोक्यांना जी भोके होती त्यांची अंतरे सारखी नव्हती. काहीत ५ सें.मी. तर काहीत १५ सें.मी. इतके अंतर होते, तसेच खोक्यांची संख्याही बदलत होती. पण मादी बुलफिच बरोबर उजव्या बाजूच्या दुसऱ्या भोकात शिरे.

लहान पक्ष्यांना अशा प्रकारची अवकल का असायला पाहिजे हे सहज समजण्यासारखे आहे. लहान पक्ष्यांना वास येत नाही आणि जाड चोचीमुळे स्पर्शही होत नाही. ते मुख्यतः आपल्या दृष्टी आणि श्रवण यांच्यावर अवलंबून असतात. पण त्यांना आणखी काही संवेदना असली पाहिजे आणि तिचा उपयोग करूनच ते स्थलांतर करीत असावेत. दाट रानातून कुरणाच्या मध्यात असलेल्या घरट्यात ते अचूकपणे पोहोचतात, याचे कारण त्यांची दृष्टी. त्याशिवाय त्यांना निरनिराळ्या वस्तू आणि आकृतिबंधही ओळखता येतात. तसेच पक्षी निरनिराळे स्वर काढायला शिकतात

यावरून त्यांना ध्वनीचे आकृतिबंधही लक्षात रहातात हे सिद्ध होते.

चोचीसारखा ओबडधोबड एकच अवयव असूनही पक्षी किती सुबक घरटी बांधतात. पण म्हणून हात असलेल्या चिंपेंझीसारखी कारागिरी आणि सूक्ष्मदृष्टी त्यांना येईल अशी अपेक्षा करणे चुकीचेच ठरेल. अवजार वापरणारा एकच पक्षी आज माहीत आहे. गॅलापॅगोस बेटावर रहाणारा फिंच पक्षी झाडाच्या सालीखालचे किडे बाहेर काढण्याकरता निवडुंगाच्या काट्याचा उपयोग करतो. इतर पक्षी आपल्या टोकीदार चोचीच वापरतात. ह्या फिंच पक्ष्याला आणखी कोणत्या बाबतीत अशी अक्कल आहे हे बघणे मोठे मनोरंजक होईल. श्रश नावाचा पक्षी गोगलगायींचे शंख फोडण्याकरता दगड वापरतो. तो पक्षी आपले काम साधण्याकरता दुसऱ्या वस्तूचा उपयोग करण्याच्या पातळीजवळ आला आहे, पण म्हणून तो अक्कल वापरणारा आहे असे म्हणता येणार नाही.

हे सगळे प्रयोग दोन दृष्टीने महत्त्वाचे ठरतात. लहान पक्ष्यांना बऱ्यापैकी अक्कल असते असे सिद्ध होते. कॅनरी किंवा बजरिगर पाळणारे लोक अनेक वर्षांपासून तसे सांगत आले आहेत, त्यांचे म्हणणे असे की मानसशास्त्रज्ञ ज्या प्रकारच्या बुद्धीवर भर देतात तो प्रकार पक्ष्यांची बुद्धी मोजण्याच्या दृष्टीने योग्य असत नाही. त्यांच्या मते पक्ष्यांच्या बाबतीत जीवनातल्या समस्या सोडविण्यापेक्षा सभोवतालच्या वस्तूंमधील साम्ये आणि फरक ओळखणे हे बुद्धीचे अधिक महत्त्वाचे लक्षण आहे.

त्या प्रकारची बुद्धी जोखण्यासाठी उपयोगी पडतील अशा चाचण्या तयार करणेही अधिक सोपे आहे. एखादे यंत्र किंवा समिती यांच्याकडून काम करून घेण्याची क्षमता किंवा नव्या यंत्राचा शोध लावणे अथवा नवी सामाजिक संस्था सुरू करण्याची क्षमता तपासण्याकरता लागणाऱ्या चाचण्या तयार करणे हे अवघड असते. मानसशास्त्रज्ञ बुद्धीच्या ज्या क्षमतांचे मोजमापन करतात त्या माझ्या मते मानवी समाजाकरता महत्त्वाच्या नाहीत. पण त्यात आश्चर्य वाटण्यासारखे काही नाही कारण मानसशास्त्रज्ञ तशा प्रकारचे काम करायला लागून फार वर्षे झालेली नाहीत.

अनुभवी कारागीर धातू किंवा कापडाचे गुणधर्म जितक्या व ज्या प्रमाणात ओळखत, त्याच धातू किंवा कापडाचे गुणधर्म मोजायला पदार्थवैज्ञानिकांना बरीच वर्षे लागली होती. मानसशास्त्रज्ञ बरोबर दिशेने जात आहेत पण तरी त्यांना अजून बरीच वाटचाल करायची आहे. वेगवेगळ्या समाजात यश संपादण्याकरता वेगवेगळ्या गुणांची आवश्यकता असते हा मुद्दा ते लक्षात घेत नाहीत. उदाहरणार्थ, इंग्लंडमध्ये ज्या कार्याने एखादा माणूस यशस्वी होईल, त्याच कामाकरता त्याला सोव्हिएट युनियनमध्ये तुरुंगात जावे लागेल. तसेच तिकडे उच्चपदावर असणाऱ्यांची इकडे तुरुंगात पाठवणी केली जाईल. आणि त्या दोन देशांत यशस्वी झालेले लोक मध्ययुगात किंवा प्राचीन काळी अयशस्वी ठरले असते. थोडक्यात म्हणजे माणसाच्या क्षमता ह्या त्याच्या सामाजिक

पार्श्वभूमीवरच मोजल्या जातात. त्या दृष्टीने काही मानसशास्त्रज्ञ प्राण्यांचा अभ्यास करतात हे चांगलेच आहे. कारण प्राण्यांच्या बाबतीत सामाजिक पार्श्वभूमीने फरक पडत नाही. अशा अभ्यासामुळे मानवी स्त्री- पुरुषांच्या बाबतीतले मानसशास्त्रज्ञांचे विचार अधिक स्पष्ट होत जातील.



## मधमाश्यांची भाषा

व्हॉन फ्रिश आणि इतर काही शास्त्रज्ञ यांनी मधमाश्यांच्या भाषेसंबंधी बरेच संशोधन केले होते. आठ वर्षांपूर्वी मी त्याबद्दल 'डेली वर्कर' या पत्रिकेत लिहिले होते. १९४७ च्या जुलै महिन्यात मी लंडनच्या प्राणिसंग्रहालयात गेलो तेव्हा माझ्याबरोबर झुरिकहून आलेले हार्डॉर्न नावाचे प्राध्यापक होते. मधमाशा आपल्या पायांवरच्या पिशव्यांतून विविध रंगाचे परागकण (पोलन) घेऊन पोळ्याकडे येताना आम्ही पहात होतो. त्या मधमाश्यांना पाहून प्राध्यापकांना त्या कुठल्या बाजूने आणि किती अंतरावरून आल्या होत्या ते सांगता येत होते. हा लेख वाचल्यानंतर तुम्हालाही ते सांगता येईल. आता आजपर्यंत माहीत असलेल्या काही घटना पाहू. एखाद्या मधमाशीला परागकणांचा किंवा मधाचा साठा सापडला तर ती परागकण घेऊन आपल्या पोळ्यात येते आणि ते परागकण कामकरी माश्यांना देण्यापूर्वी ती एक प्रकारचा नाच करते. ती नाच करत असताना इतर मधमाशा तिला आपल्या मिश्यांनी (अँटिना) स्पर्श करतात. त्यावरून त्यांना तिच्याजवळच्या परागकणांना कसला वास येतो आहे ते कळते. आणि ती खूणगाठ बांधून त्या मधमाशा शोधत निघतात आणि तोच गंध असणारी फुले, त्याच वासाचा साखरेचा पाक ठेवलेल्या बशा जेथे आहेत त्या ठिकाणी त्या पोहोचतात.

पोळ्याच्या सुमारे ४५ मीटर अंतरावरच्या प्रदेशात फूल किंवा साखरेचा पाक ठेवले असतील तर तो वास येणारी फुले शोधण्याकरता मधमाशा सर्व दिशांनी उडू लागतात. पण ती फुले किंवा सुवासिक पाक जर सुमारे ९० मीटर अंतरावर ठेवला, तर त्या बरोबर त्याच दिशेने उडतात आणि अंतरही बरोबर काढतात. जिला ती जागा प्रथम सापडली तिने आपल्याजवळचे परागकण उतरवण्यापूर्वीच इतर मधमाशा त्या जागेवर पोहोचतात.

त्यावरून तिने इतर माश्यांना त्या जागेचा अचूक पत्ता सांगितला होता, असा अर्थ होतो. मधमाशी इतरांना पत्ता कसा सांगते ते व्हॉन फ्रिशने शोधून काढले. परागकण जवळ असतील तर तिचा नाच गोल गोल असतो, तेच परागकण ९० मीटर दूर असतील तर तिचा नाच अगदी वेगळा असतो. आपले पोट हलवत हलवत एका दिशेने २ ते ४ सें.मी. नाचत जायचे, आणि परत जागेवर येताना न नाचता सरळ यायचे. परागकणांचा साठा जितका जास्त किंवा साखरेचा पाक जितका अधिक गोड तितका ती पुन्हा पुन्हा नाच करते त्यामुळे अधिकाधिक माश्यांना त्या परागकणांचा वास कोणता ते समजते, आणि त्याही अन्नाच्या शोधात निघतात.

जिला परागकणांच्या साठ्याचा शोध लागला ती मधमाशी गोल गोल नाचू लागली तर तिच्या सहकारी माशा सर्व दिशांनी उडू लागतात, पण १०० मीटरांच्या पलीकडे त्या जात नाहीत. दुसऱ्या प्रकारच्या नाचावरून मात्र त्यांना दिशेचा बरोबर अंदाज येतो. पोळ्यावरच्या खिडक्यांवर हा नाच चाललेला असतो. पण कधी कधी पोळ्याच्या पुढ्यातल्या जागेतही नाच करताना मधमाशी आढळते. ही जागा जर आडवी (जमिनीला समांतर असल्याप्रमाणे) असली तर नाचणारी मधमाशी परागकणांच्या साठ्याच्या दिशेला सरकते ते पाहून इतर माशा त्याच दिशेला उडायला लागतात.

पोळ्याचा पृष्ठभाग उभा असेल तर वेगळाच प्रकार घडतो. जसा दिवस वर येतो तशी नाचणारी माशी एकाच ठिकाणाहून आली तरी वेगवेगळ्या बाजूंनी सरकत नाचते. परागकणांचा साठा पोळ्याच्या नैर्ऋत्येला असेल तर सकाळी ९ च्या सुमाराला ती आडव्या रेषेत डाव्या बाजूला सरकत नाचते. १२ वाजण्याच्या सुमाराला ती ४५ अंशाच्या कोनात वर सरकते, आणि दुपारी ३ वाजता सरळ वर जाते. मधमाशी वर सरकली की त्याचा अर्थ जेवण (परागकण) सूर्याच्या दिशेला आहे. उजवीकडे वळणे म्हणजे सूर्याच्या उजव्या बाजूला जेवण मिळेल. आभाळ ढगाळलेले असते तेव्हाही या माश्यांना सूर्याची दिशा कळते हे विशेष आहे. नाचाच्या ठेक्यावरून तेथून परागकण किती दूर आहे ते सूचित केले जाते. जेवण जर १४० मीटरवर असेल तर नाच करताना मधमाशी मिनिटात ४० वेळा आपल्या पोटाला झटके देते. जेवण जितके दूर तितके झटके कमी होत जातात, म्हणजे पाऊण कि.मी. अंतराकरता २० झटके तर २ कि.मी. करता फक्त ८.

पोळ्याच्या भोवती घोंघावणाऱ्या माश्यांपासून काही स्वयंसेवक दूर जाऊन नव्या पोळ्याकरता नवी जागा शोधतात आणि त्याचा पत्ता आपल्या सहकाऱ्यांना सांगण्याकरता तीच भाषा वापरतात असे व्हॉन फ्रिश यांना वाटते. पण त्याबाबत निश्चित काही म्हणता येत नाही, कारण मी गेलो तेव्हा मधमाशा क्वचितच घोंघावत होत्या. उन्हाळ्यात अशी रोज हजारो निरीक्षणे करता येतील. नाचाशिवाय आणखी एक भाषा

मधमाशा वापरतात. जेव्हा त्यांना परागकणांचा शोध लागतो तेव्हा तिथे या माशा एक प्रकारचा गोडुस गंध पसरवतात, त्या गंधामुळे इतर माशा त्या जागेकडे आकर्षितल्या जातात.

या निरीक्षणात एक महत्वाचे तत्त्वज्ञानच साठवले आहे. प्राण्यांची भाषा म्हणजे त्यांच्या भावनांचे प्रदर्शन आहे असे म्हटले जाते, त्यातून एखाद्या घटनेसंबंधीचे विधान करणे शक्य नाही. पण मधमाशा आपल्या भाषेतून नुसते अन्न सापडले आहे एवढेच सांगून थांबत नाहीत, तर ते जेवण कुठे मिळाले आहे हे पण सांगू शकतात. ही भाषा त्यांना जन्मजातच अवगत असते, माणसांसारखी शिकावी लागत नाही. बर्नार्ड शॉ यांच्या एका नाटकात एक तरुणी अंड्यातून बाहेर पडते आणि उत्तम इंग्रजी बोलायला लागते, तसेच मधमाश्यांचे आहे. सर्व प्राण्यांचे तसे नसते, काही पक्ष्यांना त्यांची भाषा बरीच शिकावी लागते. मधमाश्यांची दिशांची जाणीव विलक्षण असते. त्यांच्या डोक्यात जणू काय होकायंत्र बसवलेले असते. मधमाश्यांना ताल व ठेका यांचे ज्ञानही माणसापेक्षा अधिक असते.

हे सर्व वाचून व्हॉन फ्रिश आपल्याला बनवत तर नाही ना, असे कुणाला वाटू शकेल. कल्पनेच्या भराच्या मारून त्याने ही विलक्षण गोष्ट तयार केली आहे अशी शंकाही येऊ शकेल. मधमाश्यांच्या नाचाबद्दल त्याचे काही कयास चुकले असतील, पण त्यांनी पूर्वी केलेल्या निरीक्षणांचा उपयोग इतर शास्त्रज्ञांनी केला व ते कयास बरोबर असल्याचा पडताळा आला आहे. ग्युबिन, कामारोव्ह व इतरांनी रशियात आणि खुद्द व्हॉन फ्रिश यांनी जर्मनी व ऑस्ट्रिया या ठिकाणी ती निरीक्षणे वापरून बघितली होती.

रेड क्लोव्हरच्या झाडाला फळे येण्याकरता एक प्रकारच्या गांधिल माशा कारणीभूत होतात. पण एक एकर जमिनीवरच्या क्लोव्हरच्या झाडांना पुरे पडू शकतील इतक्या गांधिल माशा असत नाहीत. आणि सर्वसामान्य मधमाश्यांना इतर फुलेच बरी वाटतात कारण रेड क्लोव्हरच्या फुलातील मध ओढून घेण्याइतकी त्यांची सोंड लांब नसते. त्या झाडांना अधिक फळे यावीत याकरता पुढची पद्धत वापरली जाते. झाडांजवळ मधमाश्यांची पोळी बसवतात. साखरेचा पाक ठेवलेली फुलपात्रे आणि रेड क्लोव्हरच्या फुलांचे गुच्छ झाडांवर ठेवतात. मधमाश्यांना लवकरच त्यांचा शोध लागतो. त्या परत जाऊन आपला नाच करतात. त्यांच्या अनुरोधाने बाकीच्या माशा त्या फुलांकडे जातात. तिथे फारसा मध त्यांना मिळत नाही, पण त्या सर्व खटपटीत त्या फुलांवरचे पराग मात्र दुसऱ्या फुलांवर नेले जातात. तिथे येणाऱ्या कित्येक माशा साखरेच्या पाकानेच संतुष्ट होतात.

इंग्लंडमध्ये 'फूटबॉल पूल' नावाची लॉटरी खेळतात त्याची मला आठवण होते.

पुष्कळ लोक पुढील महिन्यात होणाऱ्या फूटबॉलच्या खेळात कोणते संघ जिंकतील ह्यांचे अंदाज करून पाठवतात आणि मोठी बक्षिसे मिळवतात. बक्षिसे जरी थोड्यांनाच मिळत असली तरी जे अनेक लोक भाग घेतात त्यांच्यामुळे व्यवस्थापकांना पुरेसे पैसे आणि टपालखात्याच्या कर्मचाऱ्यांना भरपूर काम मिळते. रेड क्लोव्हरच्या बागाइतदारांना या पद्धतीने केलेल्या फलोत्पादनामुळे आर्थिक फायदा होतो. रेड क्लोव्हरच्या एक एकर बागेकरता सुमारे ६ किलो साखर वापरून व्हॉन फ्रिशने क्लोव्हरच्या बियांचे उत्पादन १६ किलोनी वाढवले. अर्धा किलो क्लोव्हरच्या बियांची किंमत ही सात किलो साखरेच्या किमतीएवढी असते, म्हणून ही पद्धत किफायतशीर ठरली. मधमाश्यांना ती तितकीशी किफायतशीर ठरली असे मात्र म्हणता येणार नाही.

मधमाश्यांना फळबागांकडे आकर्षित केल्यास ह्याहीपेक्षा अधिक फायदा मिळू शकेल. त्याकरता झाडांवर ठेवलेल्या पाकाला त्या त्या फुलांचा वास देणे आवश्यक आहे आणि त्या माश्यांना त्या फुलांवर बसायला भाग पाडले पाहिजे. मुंग्या आपल्या साखरेवर घाला घालत असतात. त्यापेक्षा त्यांची भाषा शिकून त्यांना स्वयंपाकघरातल्या जमिनीवरचे कण उचलायला लावता आले तर किती बहार येईल. अशा विषयांवरचे संशोधन करून आपण फक्त प्राण्यांविषयीच नाही, तर मानवी समाजाविषयीही आवश्यक असे काही शिकू याबद्दल मला शंका नाही.



## मधमाश्यांना घर कसे सापडते ?

मधमाश्यांची जाण आणि संदेशवहन याच्यावर व्हॉन फ्रिश यांनी केलेल्या कामाविषयी मी बरेच लेख लिहिले आहेत. त्यांनी अलीकडे केलेल्या संशोधनामुळे प्राण्यांच्या वागणुकीबद्दलचे बरेचसे गूढ नाहीसे होईल.

मधमाश्यांना आकार आणि रंग समजतात. त्या दोन गोष्टीतले बारीक फरक ओळखण्याचे त्यांना शिकवता येते. त्यांची रंगाबद्दलची जाणीव उत्तम असते. पण आकाराबद्दल त्यांना खास जाणीव असते असे म्हणता येत नाही. त्या बाबतीत पक्षी आणि माणूस सरस ठरतात. पण मधमाश्यांना प्रकाशाच्या ध्रुवीकरणाबद्दल जितके चांगले समजते, तितके माणसाला नाही समजत. प्रकाशकिरण विशिष्ट लोलकातून जातांना वाकतो आणि एकाऐवजी दोन किरण बाहेर पडतात. त्यांचे गुणधर्म वेगळे असतात.

सर्वसामान्य प्रकाश हा विद्युत्कंपनांनी बनलेला असतो. प्रकाशकिरणाला काटकोनात कंपने असतात आणि ती सर्व दिशांना पण एका प्रतलात असतात; पण लोलकातून बाहेर पडणाऱ्या किरणात ही कंपने एकाच दिशेत असतात. उदाहरणार्थ, प्रकाश किरण उत्तरेला जात असेल तर ही कंपने वर-खाली, पूर्व आणि पश्चिम अशा सर्व बाजूंना असतात, पण सर्व एकाच प्रतलात असतात. एका विशिष्ट प्रतलातून ध्रुवीकृत झालेला प्रकाश आत घेईल असा लोलक बनवता येईल आणि तो फिरवून फिरवून एक किरण कोणत्या प्रतलात ध्रुवीकृत झाला आहे हे बघता येईल. साखर आणि इतर काही पदार्थ हे असममितीय अणूंनी बनलेले असतात. ते पाण्यात विरघळले असतील तर पाण्यातून जाणाऱ्या ध्रुवीकृत प्रकाशकिरणांचे प्रतल ते फिरवत रहातात. साखरेचा हा गुणधर्म साखरेचे अचूक मोजमाप करण्याकरता उपयोगी पडतो. मधमाशा जेव्हा मधाच्या किंवा परागकणांच्या साठ्यापासून पोळ्याकडे परततात तेव्हा एका विशिष्ट नाचातून त्या मध कुठे आहे त्याची दिशा आपल्या सहकाऱ्यांना दाखवतात. पृष्ठभाग जर सपाट असेल तर त्या नाचत नाचत अनेकदा परागकणांच्या दिशेकडे जात रहातात, परत येताना मात्र सरळ पोळ्याच्या दिशेने नाचत न येता वळसा घालून आरामाने येत

रहातात. हाच नाच उभ्या पृष्ठभागावर (म्हणजे पोळ्यावर) केला तर वरची बाजू म्हणजे सूर्याची दिशा असे सुचवतात. सूर्य जर (पोळ्याच्या) दक्षिणेला असेल आणि मध नैर्ऋत्येला असेल तर मधमाशा उभ्या पृष्ठभागाच्या उजवीकडे ४५ अंशाचा कोन करून उडतात. सपाट पृष्ठभागावर दोन काचा एकमेकांवर ठेवून त्यांच्यामध्ये लोलक ठेवले म्हणजे किरण फक्त एकाच दिशेने ध्रुवीकृत होतात. मधमाशा प्रकाशाच्या ध्रुवीकरणाच्या अनुरोधाने तसे करतात का हे बघण्यासाठी व्हॉन फ्रिशने असा दोन काचांचा सपाट पृष्ठभाग मधमाश्यांना नाचायला दिला तेव्हा त्यांच्या नाचाची दिशा बदललेली दिसली.

याचा अर्थ काय होतो ? सूर्याकडून थेट येणारे प्रकाशकिरण ध्रुवीकृत झालेले नसतात, पण आकाशातून विशेषतः निळ्या आकाशातून येणाऱ्या प्रकाशाचे ध्रुवीकरण झालेले असते. तसेच कुठल्याही वस्तूकडून परावर्तित झालेले किरणही ध्रुवीकृत झालेले असतात, अर्थात त्यांचे ध्रुवीकरण लोलकातून आलेल्या किरणाइतक्या प्रमाणात होत नाही. ओल्या रस्त्यावरून परावर्तित झालेल्या किरणांची तिरीप कमी करण्याकरता मोटरचालक पुढची काच पोलरॉईड करून घेतात किंवा तसल्या प्रकारचा चष्मा वापरतात. दिशा कळण्याकरता मधमाश्यांना सूर्याचा तितकासा उपयोग होत नाही कारण तो ढगामागे गेलेला असू शकतो. त्यांना आकाशातून येणाऱ्या प्रकाशाच्या ध्रुवीकरणाचा उपयोग होतो. त्यामुळे जेव्हा त्यांच्या नाचण्याच्या पृष्ठभागावर कृत्रिम ध्रुवीकरण (काचा लावून) केले तेव्हा त्या फसल्या. वर आणि खाली या दिशा ठरवताना आपल्याला विचार करावा लागत नाही, तसे आकाशात निळ्या आकाशाचा लहानसा भाग जरी दिसला तरी मधमाश्यांना सूर्य कोणत्या दिशेला आहे हे कळते, तो ढगात लपला असला तरी ! ध्रुवीकरण झालेला प्रकाश मधमाश्यांना कसा दिसतो हे आपल्याला माहीत नाही. तसेच त्यांची रंगांची जाणीव ही आपल्या जाणिवेसारखी असते का याची आपल्याला कल्पना नाही. रंग हे त्यांना सुरांच्या पट्टीसारखे किंवा वासाच्या जाणिवेसारखे समजत असतील. पण सर्वत्र सारख्या रंगवलेल्या पृष्ठभागावर एका दिशेने रेषा काढल्या असतील आणि जर दिवसभरात हळूहळू त्या बदलत गेल्या तर जसे दिसेल तसा या सगळ्याचा परिणाम होतो.

अनेक कीटक कितीही दूर गेले तरी बरोबर आपल्या घराच्याकडे येतात. तेही ध्रुवीकरणावरून दिशा ओळखतात का हे शोधून काढायला जीवशास्त्रज्ञांना अनेक वर्षे घालवावी लागतील. पक्ष्यांनाही तशी समज असू शकेल असे समजणे जरा कठीणच वाटते. कारण नियमित स्थलांतर करणारे पक्षी रात्रीच्या वेळी समुद्रावरून उडतात आणि आपला ठराविक मार्ग कायम ठेवतात.

पक्षी आपला मार्ग कसा शोधतात याविषयी पुष्कळ कल्पना मांडल्या गेल्या. त्यांतल्या बऱ्याच नाकारल्या गेल्या. पक्ष्यांना कदाचित होकार्यत्रासारखी पृथ्वीच्या

चुंबकत्वाची जाणीव असेल अशी एक कल्पना केली गेली. पण तसे असते तर शक्तिशाली चुंबकत्वामुळे ते अस्वस्थ झाले असते आणि तसे होताना दिसत नाही. मधमाश्यांच्या बाबतीत जे संशोधन झाले त्यावरून त्यांना दिशेच्या अशा गुणांची जाणीव होत असावी की जी माणसाला नाही. आता ती जाणीव म्हणजे ध्रुवीकृत प्रकाशासारख्या एखाद्या गोष्टीचे ज्ञान असू शकेल, कुणी सांगावे ? किंवा पदार्थवैज्ञानिकांना न उमगलेली अशी घडामोड मधमाश्यांना उमगत असेल व त्याच्या आधारावर त्या अवलंबून असतील. तसे असेल तर पक्षी स्थलांतराच्या वेळी कोणत्या गोष्टींचा आधार घेतात ह्यामागेही एखादी पदार्थविज्ञानातली अनोखी महत्त्वाची घडामोड असू शकेल.

व्हॉन फ्रिशचा शोध दोन कारणांनी महत्त्वाचा ठरतो. एक म्हणजे माणसाच्या जाणिवेहून अगदी वेगळ्या प्रकारची जाणीव प्राण्यात आहे हे कळले. कुत्र्याला वासाची जाणीव माणसापेक्षा अधिक असते, तसेच त्याला आवाजाची दिशाही माणसापेक्षा अधिक चांगली समजते. पण आपल्यालाही वास आणि आवाजाचा वेध घेता येतो. त्याकरता कुत्रा जर रेडिओ तरंग किंवा चुंबकत्वाचा आधार घेत असेल तर आपणही (मधमाश्यांच्या जाणिवेसारखा) एखादा आधार घेत असू.

दुसरं म्हणजे प्राण्यांना आपल्यासारखेच जग दिसते अशा कल्पनेतून आपण त्यांच्या वागणुकीचे अर्थ लावत असतो, त्याबाबत जागरूक राहिले पाहिजे. ज्या गोष्टीचे ज्ञान आपल्याला जटिल उपकरणांच्या सहाय्याने होते ते ज्ञान प्राण्यांना उपजत ज्ञानातून होते. प्राण्यांच्या त्या अंतःप्रेरणांचे कौतुक करतो. जग एकच आहे पण ते वेगवेगळ्या प्राण्यांना वेगवेगळ्या रूपात दिसत असेल. प्राण्यांच्या वागणुकीचा अभ्यास करून आपल्याला अजून बरेच काही शिकावे लागणार आहे.



## बेडकांसाठी सिनेमा ?

प्राणी विचार करू शकतात अशी पूर्वीच्या काळी लोकांची समजूत होती. प्राण्यांना आत्मा असून त्यांच्या मृत्यूनंतर त्यांच्या पाप-पुण्याचा निवाडा केला जातो असेही काही धर्मात समजतात. माणसाखेरीज दुसऱ्या कोणत्याही प्राण्याला विचार करण्याची क्षमता नसते आणि त्यांना कोणतेही हक्क नसतात असा पक्ष ख्रिश्चन तत्त्वज्ञानी घेतलेला दिसतो. त्या कारणाने १९ व्या शतकापर्यंत युरोपापेक्षा भारतात प्राण्यांना अधिक चांगली वागणूक मिळते. डार्विनचा असा विश्वास होता की माणसात ज्या क्षमता असतात त्यातल्या बहुतेक क्षमता वरच्या श्रेणीतल्या प्राण्यांमध्ये असतात. फक्त त्यांच्यात त्या क्षमतांचा विकास फार चांगला झालेला नसतो. काही जीवशास्त्रज्ञांच्या मते सर्व प्राण्यांचे वागणे हे यंत्रासारखे असते.

प्राणी विचार करू शकतात का हे ठरवणे अतिशय अवघड आहे. त्याकरता प्रयोग करणाऱ्या शास्त्रज्ञांनी दिलेले पुरावे घेणे अगत्याचे ठरते. १९१० साली एल्बरफेल्ड या जर्मन माणसाकडे काही घोडे होते. ते अंकगणितात बरेच पारंगत होत. त्यांना घनमूळ वगैरे काढता येई. आपल्या राष्ट्राची मान उंच रहावी या प्रेरणेने झपाटलेल्या फ्रान्सच्या एका पत्रकाराने एका मांजराची गोष्ट लिहिली. ते मांजर म्हणे मुलांचा गृहपाठ तपासत असे, गणितात चूक दिसली की ते म्याँव असा आवाज काढी आणि बरोबर असले की गुरगुर करी. पण ते मांजर कुणीच कधी पाहिले नव्हते. घोडे मात्र अनेकांनी पाहिले होते. फळ्यावर गणित लिहिले की हे घोडे आपल्या खुरांच्या टापांनी त्याचे उत्तर सांगत असत. पण शिक्षक हजर असल्याशिवाय ते गणित सोडवत नसत. मानसशास्त्रज्ञांनी त्या घटनेचे निरीक्षण करून असा निष्कर्ष काढला की, घोडे शिक्षकाला काळजीपूर्वक निरखत. शिक्षकाच्या इच्छेप्रमाणे ते टापांचा आवाज थांबवत. आता शिक्षक आपली इच्छा मुद्दाम

प्रदर्शित करत असेल किंवा त्याच्या चेहऱ्यावरच्या किंचित बदललेल्या भावांवरून किंवा श्वासोच्छ्वासावरून घोडे शिक्षकाची इच्छा जाणत असतील.

डॉ. होनिग्मन यांनी कोंबड्यांवर प्रयोग केले. त्यावरून अंक जाणण्याची क्षमता कोंबड्यांच्यात कितपत असते त्याची बऱ्यापैकी कल्पना येते. ते कोंबडीला पिंजऱ्यात ठेवत, पिंजऱ्याच्या तळात एक फट ठेवली होती. या फटीच्या खाली एक चाकांवर हलणारी फळी होती. फळीवर धान्याची ओळ असे. ती पिंजऱ्याच्या फटीजवळ आली की कोंबडी (एका वेळी) एकच दाणा टिपू शके. एकाआड एक दाणे घट्ट रोवून बसवलेले असत. कोंबडीला ते टिपून घेता येत नसत. असे काही वेळा केल्यावर काही कोंबड्या एकाआड एक दाणे टिपायला शिकल्या. पण जेव्हा दर दोन दाण्यांनंतरचा एक दाणा खुला ठेवला ते मात्र त्या शिकू शकल्या नाहीत. त्यावरून कोंबडीला दोन आकडे मोजता येतात, पण तीन मोजायला येत नाही असे म्हणता येईल. इतर काही पक्षी पाचपर्यंत मोजायला शिकले. निदान चार आणि पाच यांतला फरक जाणू शकत असे म्हणता येईल. डॉ. होनिग्मनचा दुसरा प्रयोग अधिक सुरस आहे. प्राण्यांना चित्रांची काही गंमत वाटत नाही असे अनेकदा म्हणण्यात येते. पण त्यांना ग्रामोफोनवर वाजणारी गाणी ओळखता येतात. टेलिफोनमधून नर - रातकिड्याचा आवाज आला तर त्या जातीचे मादी रातकिडे फोनपाशी येतात असा अनुभव आहे. पण कुत्र्याला त्याचा मालकाचा किंवा दुसऱ्या कुत्र्याचा फोटो किंवा चित्र दाखवले तर तो त्यात अजिबात रस दाखवत नाही, नाही त्याला चित्रपटाच्या चित्रात रुची वाटते. (काहीजण आपल्या कुत्र्याला सिनेमा पहायला आवडतं असं सांगतात.)

चित्रपटातल्या हलत्या चित्रात प्रथम कुठल्या प्राण्याने रस दाखवला असेल तर तो टोड आणि नॅटरजॅक टोड (बेडकांच्या जातीतल्या) या प्राण्यांनी. ह्या प्राण्यांचे मन (त्याला मन हा शब्द बरोबर आहे का कुणास ठाऊक) अगदी साधे असते. ते प्राणी फक्त हालणाऱ्या वस्तूच खातात. अन्न बघून त्यांची येणारी प्रतिक्रिया अगदी ठराविकच असते. टोडांच्या हालचाली तशा सावकाश असतात, पण एखादा लहानसा कीटक किंवा इतर काही खाद्य पदार्थ समोर आला तर मात्र टोड आपली जीभ वेगाने आणि अचूकपणे बाहेर काढतो व किडा किंवा अन्न आपल्या तोंडात घेतो आणि चव ठीक आहे हे बघून गिळून टाकतो. टोड बीटलच्या मेलेल्या अळ्या (मीलवर्म) खात नाहीत, एवढेच नाही, त्या स्तब्ध असतील तरी त्यांना टोड खात नाहीत. पण तेच एखादी मेलेली अळी जरी टोडच्या समोरून फरफटत नेली तर मात्र टोडची जीभ त्याला पकडायला सटकन बाहेर येते. लहान प्राणी किंवा अळ्या चलच्चित्रात हालताना पहिल्या तर टोड आपल्या जिभेने त्यांच्यावर झडप घालतो. ह्यावरून काय निष्कर्ष काढता येतो ? कोणताही लहान प्राणी हलत असला किंवा हलतो आहे असा भास झाला तरी टोड आपली प्रतिक्रिया दाखवतो. ती प्रतिक्रिया यंत्रासारखी असते. पण एवढ्याने गोष्ट संपत नाही.

दोन टोड एकाच किड्याच्या मागे लागले असतील आणि त्यांतल्या एकाने तो किडा गटकावला तर दुसरा भुकेला टोड जिभेने पहिल्याच्या डोळ्यावर फटका मारतो. ज्याने किडा गटकावला तो टोड जर दुसऱ्याहून लहान असेल तर हे हमखास घडते. किडे खाणाऱ्या टोडांचा लघु चित्रपट काढून होनिग्मनने इतर भुकेल्या टोडांना दाखवला. तेव्हा बघणारे टोड त्या चित्रपटातल्या टोडांच्या डोळ्यांवर आपल्या जिभेचे फटकारे मारत होते हे मी प्रत्यक्ष पाहिले. हा लघुपट प्रत्यक्ष आकारापेक्षा (लाईफ साइझ) लहान स्वरूपात असेल तर टोड प्रत्येकवेळी आपली जीभ सरसावून येत असत, पण लघुपट मोठ्या आकारात असेल तर ते क्वचितच मारत. टोड हा काही मोठ्या मनाचा प्राणी म्हणता येणार नाही. चित्रातला किडा खाणारा टोड कुणीही असला तरी त्याला तो प्रसाद मिळतोच, मग ते चित्र त्याचे स्वतःचे असले तरी सुटका नाही. पण तेच इतर प्राणी जेवत असतानाचे चित्र दाखवले तर मात्र ह्या टोडांना त्यात काही रस वाटत नाही.

टोडांच्या बाबतीतल्या या अनुभवाने उत्तेजन मिळून होनिग्मन हलणाऱ्या अळ्यांचा लघुपट एक प्रकारच्या चतुरांना (ड्रॅगनफ्लाय लाव्हें) दाखवू लागले. हे चतुर प्राण्याच्या पृष्ठभागाखाली रहातात आणि आपल्या भक्ष्यावर आपल्या जबड्याने झडप घालतात. काचेच्या टाकीच्या एका बाजूला पांढरा कागद लावून त्यावर हा लघुपट प्रक्षेपित करावा लागला. नवल म्हणजे चित्रातल्या अळ्यांवर चतुर झडप घालत होते.

ज्यांच्या मनाचे व्यापार साधे आहेत असे टोड, चतुर यांच्यासारखे प्राणी, आणि ज्यांच्या मनाचे व्यापार अतिजटिल आहेत अशा प्राण्यांना चलच्चित्रात काही रस वाटतो असा आजवरचा अनुभव आहे. ह्याचे कारण स्पष्ट आहे. कुत्र्यामांजरांसारख्या विकसित मनाच्या प्राण्यांना चलच्चित्र खरे नाही ह्याची जाणीव होते. हां, आता काही कुत्रे धमाल हालचाली असलेले सिनेमे बघतात ते वेगळे ! माणूस मात्र ह्या वास्तवाच्या अभावाकडे काणाडोळा करू शकतो. चित्राचा नायक हा खरोखरी संकटात नाही, तसेच रंगमंदिराच्या दारापाशी रात्रभर बसून राहिले तरी नायिका आपल्याला भेटणार नाही हे आपल्याला माहीत असते. तरीही चित्रपट पहाताना त्यातील घटनांना अनुरूप भावना आपल्या मनात जागृत होत रहातात.

प्राण्यांच्या वर्तनावर अनेक प्रयोग सतत चाललेले असतात, तरी मी काही विशिष्ट प्रयोगांची माहिती दिली, कारण मला डॉ. होनिग्मन आवडतात. होनिग्मन निर्वासित असून युद्धापूर्वी लंडनच्या प्राणिसंग्रहालयात काम करीत होते. त्यानंतर त्यांना नजरकैदेत ठेवण्यात आले. तेव्हापासून मृत्यूपर्यंत ग्लासगो येथे ते टोडांवर प्रयोग करीत राहिले. मला ते आवडण्याचे एक कारण म्हणजे त्यांना टोड आवडत असत. आपण प्राण्यांना माणसासारखे वागवण्याची पराकाष्ठा करू शकतो, पण तुम्हाला जर प्राणी, वनस्पती किंवा माणसे आवडत असतील तर तुमच्या प्रयोगांचे मोल अधिक वाढते. अशा प्रकारच्या कामातून निघालेले निष्कर्ष उत्कृष्ट असतील असा माझा विश्वास आहे.





## जगण्याची धडपड

मला माहीत असलेले सर्व जीवशास्त्रज्ञ उत्क्रांतीचा सिद्धांत कोणत्या ना कोणत्या स्वरूपात मानत असतात. कुणाला त्यात दैवी हात दिसतो. जीवसृष्टीची उत्क्रांती का घडली याबाबत एकमत नाही, पण उत्क्रांतीच्या प्रवासात निसर्गनिवड हे एक महत्वाचे साधन आहे असे बहुतेक सर्वजण मानतात. ही निसर्गाची निवड कशी होते याचा अनुभव घेणे हे महा कठीण आहे. त्यासाठी प्रथम एक गुणविशेष आनुवंशिकतेने आला आहे असे दाखवले पाहिजे. त्यानंतर ते गुणविशेष असलेले प्राणी (किंवा वनस्पती) हे परिपक्व होईपर्यंत जगण्याची (परिपक्व झाल्यावर अधिक फळण्याची) शक्यता तो गुणविशेष नसलेल्या प्राणी किंवा वनस्पतीच्या तुलनेत अधिक आहे हे सिद्ध करावे लागेल. परिणामी तो गुणविशेष अधिकाधिक प्राणी व वनस्पतीत उतरतो आहे हेही दाखवावे लागेल.

निसर्गाच्या निवडीचे तत्त्व ड्युबिनिन आणि त्याचे सहकारी याच्या कामातून दिसून येते. त्यांनी दाखवून दिलेली घटना अशी - माशीच्या एकाच जातीतल्या एक प्रकारच्या माशा उन्हाळ्यात वाढत गेल्या आणि हिवाळ्यात कमी झाल्या. उष्णतेमुळे वाढणाऱ्या त्या प्रकारच्या माशा खेड्यापेक्षा शहरात अधिक प्रमाणात आढळल्या (जर्मनांनी नष्ट केलेल्या शहरात मात्र त्या माशा आढळल्या नाहीत). प्रयोगशाळेतल्या प्रयोगांनी त्यांनी असे सिद्ध केले की उष्ण हवामानात वाढणाऱ्या त्या माशा (त्याच जातीतल्या दुसऱ्या प्रकारच्या माशांच्या तुलनेत) थंड हवेत सहज मरतात.

अर्थात यापेक्षा सखोल अभ्यास करायचा असेल तर एकेका जातीच्या प्राण्यांची मोजदाद करणे, अशी मोजदाद बरीच वर्षे करत रहाणे, आणि विशिष्ट कालखंडात ते प्राणी का मरत होते ह्याची कारणे शोधणे इतक्या गोष्टी करणे अगत्याचे आहे. अशा

प्रकाराने प्राण्यांचा केलेला अभ्यास अलीकडेच जी. सी. वारली यांनी प्रसिद्ध केला आहे. त्या अभ्यासात निसर्गाच्या निवडीचे निरीक्षण समाविष्ट झालेले नाही. पण त्या अभ्यासावरून अशा प्रकारचे काम कसे करावे लागेल याचा पाठ मिळतो. जे प्राणी जन्मभर एकाच प्रदेशात रहातात त्यांचा अभ्यास करणे हे सर्वात सोपे आहे. त्यांनी आपल्या अभ्यासाकरता गॉल फ्लाय नावाची माशी निवडली. ही माशी एक प्रकारच्या गवताच्या फुलात आपली अंडी घालते. त्या माशीमुळे वनस्पतीवर एक गाठ येते व त्या गाठीच्या आतल्या गाभ्यात ती माशी आपले बहुतांशी जीवन घालवते.

वयात आल्यावर ती माशी फारशी दूर जात नाही. या प्रकारच्या एकशेआठ माशांवर वारली यांनी रंगाने खूण केली. पंधरा दिवसांनंतर त्यांतली एकही माशी वीस मीटरपेक्षा दूर गेलेली आढळली नाही. माशा आणि त्यांचे कोश यांची मोजदाद करून एका मादीने एकोणीसशे पस्तीस सालच्या जुलै महिन्यात सत्तर अंडी घातली, तर एकोणीसशे छत्तीससाली बावन्न आणि एकोणीसशे सदतीस साली दोनशे इतकी अंडी घातली अशी त्यांनी नोंद केली. नर व मादी यांची संख्या सामान्यपणे सारखी असली तरी त्यांच्या एकूण संख्येत ना फार वाढ होते ना घट. या माशांपैकी प्रत्येक वर्षी दोनच माशा मोठ्या होतात, बाकीच्या वयात येण्यापूर्वीच मरतात असे आढळून आले.

थोडी अंडी फुसकी होती. माशीच्या अवस्थेत पोहोचण्यापूर्वीच पुष्कळसे कोश मरून गेले. उन्हाळ्यात आणि पानगळीच्या ऋतूत कोश मरण्याचे मुख्य कारण इतर कीटक होते. ते कीटक कोशांच्या आत किंवा त्यांच्याजवळ आपली अंडी घालतात. अंडी फुटली की बाहेर येणाऱ्या अळ्या ते कोश खाऊन टाकतात. गॉल फ्लाय या जातीच्या माशीचे बहुतेक कोश अशा प्रकारे मरतात. कोश ज्या फुलात होते ती फुले सुरवंटांनी खाल्ली म्हणून तेही कोश नष्ट झाले. हिवाळा सुरू होईपर्यंत जेमतेम एक चतुर्थांश कोश जगले होते. ज्या फुलात ते रहात होते ती फुलं थंडीत गळून गेली व त्या फुलांबरोबर जमिनीवर पडलेले कोश उंदरांनी फस्त केले. त्यातून जगलेले कोश जमिनीवर जेव्हा पाणी आलं तेव्हा मेले. एकोणीसशे अडतीस सालच्या वसंत ऋतूपर्यंत प्रत्येक चाळीसातला एक कोश जगला. ती संख्याही पक्षी आणि परजीवी प्राण्यांमुळे घटली. जुलै महिन्यापर्यंत प्रती दोनशे अंड्यांपैकी दोनच अंडी माशी या स्थितीपर्यंत पोहोचली.

वारलींनी इतर महत्वाच्या परजीवी प्राण्यांची अशा प्रकारची मोजदाद करण्याचे काम सुरूच ठेवले. अशा प्रकारच्या गाठीत रहाणाऱ्या कीटकांचे चौवीस प्रकार आहेत. वरवर पहाता साधे दिसणारे प्राण्यांचे जीवन किती गुंतागुंतीचे असते याची यावरून कल्पना येते. हे परजीवी कीटक ज्याच्या आश्रयाने रहातात त्या आश्रयदात्या वनस्पती मुबलक असतील तर कीटकही मुबलक असतात. पण आश्रयदाते कमी झाले की ह्या

कीटकांची संख्याही कमी होते. अगदी महत्वाच्या परजीवी प्राण्यांच्या बाबतीतही हे खरे ठरले. त्या परजीवी जातीतली प्रत्येक मादी गॉल माशीचे कोश शोधण्यासाठी शंभर फुलांची पहाणी करते. त्यांतल्या गाठीत किंवा कोशात अंडी घालते. अशी फुलं ज्या वर्षी मुबलक होती त्या वर्षी तिने सुमारे ६० अंडी घातली, पण ती फुलं जिथे दुर्मिळ होती तिथे केवळ ९ अंडी घातली. आश्रयदाते घटले की परजीवी कीटकांची संख्याही घटते आणि आश्रयदाते वाढले की ते कीटकही वाढतात. परजीवी कीटक आश्रयदात्यांची संख्या फार वाढू देत नाहीत पण त्यांना ते पूर्णपणे नष्ट होऊ देत नाहीत.

पक्षी आणि उंदीर फुलातले काही कोश खातात, त्याबरोबरच त्याच्यावरचे परजीवी प्राणीही खातात, आणि त्याचा कोशांना फायदा होतो. कोश खाल्ल्याने त्यांची हानी होते खरी, पण त्याच वेळी त्यांच्यावरचे परजीवी नष्ट होतात त्याचा कोशांना फायदा होतो आणि त्यांची संख्या वाढते. ही गोष्ट सैद्धांतिक रीतीने व्हॉल्टेरांनी इटलीत, निकल्सन व बेलींनी ऑस्ट्रेलियात दाखवून दिली होती, पण प्रत्यक्ष संख्या दाखवून प्रथम वारलींनीच सिद्ध केले.

गॉल मिज कीटकांच्यात स्पर्धा कमीच असते. त्यांची संख्या जेव्हा बरीच असते तेव्हा अन्नासाठी त्यांच्यात थोडी स्पर्धा होते. पण जेव्हा त्यांची संख्या घटते तेव्हा माद्यांना नर भेटत नाहीत आणि माद्या पोकळ अंडी घालतात. ह्या दोन घटना एकमेकींना पूरक ठरतात. ह्या कीटकांची संख्या फार वाढली आणि त्यांच्यातली स्पर्धा वाढली तर त्यांना धोका नसतो, पण त्यांच्या वाढत्या संख्येमुळे परजीवी कीटकांची संख्याही वाढते. त्यापासून गॉल मिजना खरा धोका असतो. अलीकडे मोंगसावरही असा प्रसंग आला होता. शहरात रोगराईने मृत्यूचे प्रमाण इतके वाढले की लोकसंख्या फार वाढू शकली नाही.

पिण्याचे शुद्ध पाणी शहरांना पुरवून ह्या परिस्थितीतून सुटका झाली हे खरं आहे, पण अशा अनेक बाबी आहेत की त्यात आपली परिस्थिती गॉल मिजसारखीच आहे. मानवी परजीवींना तोंड द्यायला लागणे हे एक सामाजिक दुर्दैव आहे. युद्धाचा परिणाम म्हणून अन्नधान्य, कपडा यांच्यावर रेशनिंग आणावे लागले, पण त्यामुळे आज आपल्या समाजातल्या एक तृतीयांश लोकांना एकोणीसशे एकोणीस सालच्या तुलनेत अधिक चांगले धान्य व कपडाला मिळतो आहे. ही परिस्थिती आणखी किती वर्षे टिकून राहील हा एक प्रश्न आहे. पूर्व युरोपातल्या लोकांनी जुलुमी राजवट व युद्ध यानंतरच्या काळात त्यांच्या जीवावर जगणाऱ्या मानवांना बाजूला ढकलले आहे एवढेच. पश्चिम युरोपातल्या साम्यवाद्यांना तसे करायला आवडले असते (कत्तली आणि परकी आक्रमणांना टाळून). पण त्यांना जी अंदाधुंदी टाळायची आहे ती अंदाधुंदी ते पसरवत आहेत असा त्यांच्यावर ठपका ठेवला जातो.

गॉल मिज कीटकांना विचार करण्याची क्षमता नाही. शत्रूचा नायनाट करण्यासाठी म्हणजे परजीवी कीटक खाण्याकरता ते पक्ष्यांवर अवलंबून रहातात आणि त्या खटपटीत स्वतःच खाल्ले जातात. माणसाला विचार करता येतो, त्यांना कीटकांचा हा मार्ग आवडत नाही. ब्रिटनच्या भरभराटीकरता धोरण आखण्याच्या दृष्टीने विचार करण्याची वेळ आली आहे, नाहीतर आपल्यावर या कीटकांसारखी परिस्थिती यायला वेळ लागणार नाही.



## माणसाचे पूर्वज

माणूस हा माकडसदृश प्राण्यापासूनच उत्क्रांत झाला याचा पुरावा प्रथम थॉमस हक्सले यांनी मांडला. त्या वेळी त्यांच्या टीकाकारांनी एक बरोबर मुद्दा उपस्थित केला. तो म्हणजे, माणूस आणि माकडसदृश प्राणी यांच्यातला फरक मोठा आहे आणि तो फरक कमी कमी करतील असे अवशेष मिळालेले नाहीत.

त्या प्रकारच्या कल्पित अवशेषांना ते 'हरवलेले दुवे' म्हणत. ते मुद्दे उपस्थित झाल्यापासून अद्यापपर्यंत दोन महत्वाचे दुवे मिळाले आहेत. ड्युबॉइस यांना जावा येथे काही कवट्या व हाडे मिळाली. त्या कवट्या आणि हाडे 'पिथेकॅथ्रोपस' या जातीच्या प्राण्यांचे आहेत असे ते सांगतात. आता ही हाडे माणसाची होती की एपची (म्हणजे शेंपटी नसलेल्या माकडाची) याबद्दल मात्र शंका होती. पण आता त्या शंकेचे निरसन झाले आहे. पेकिनच्या आसपासच्या प्रदेशात तशाच प्रकारच्या कवट्या मिळाल्या आणि जवळपासच्या प्रदेशात दगडी अवजारेही मिळाली. पुराजीवशास्त्रज्ञांच्या (पॉलिऑटॉलॉजिस्ट) मते अवजारे वापरू शकणाऱ्या ह्या एपसारख्या प्राण्यांची गणना माणसात करायला हरकत नाही. हा मुद्दा प्रथम मार्क्सचे सहकारी एंगल्स यांनी एका निबंधात मांडला. ती कल्पना त्यांना मार्क्सकडून मिळाली असण्याचा संभव आहे. पण आता तो मुद्दा सर्वमान्य झाला आहे. मार्क्सिस्ट म्हणवून घेण्याच्या कल्पनेने ज्यांच्या अंगावर काटा येई अशांनाही तो मुद्दा आज मान्य झाला आहे.

त्या अत्यंत प्राथमिक अवस्थेतल्या माणसांना मेंदू होता, पण आजच्या माणसाच्या मेंदूच्या तुलनेत तो बराच लहान होता. भुवयांच्या जागची हाडे उदून दिसत, त्यांना हनुवटी नव्हती आणि त्यांचे इतर अनेक अवयव एपसारखे होते. त्यांना हात वापरून

काम करायला येत होते, पण त्यांत फारसे कौशल्य नव्हते. ह्या जावा आणि पेकिन येथे सापडलेल्या प्राण्यांसारखे, पण त्यांच्याहून मोठ्या आकाराच्या आणखी काही प्राण्यांचे अवशेष जावा व चीन येथे मिळाले. पण त्यांच्याविषयी पुरेशी माहिती न मिळाल्याने ते माणसाचे पूर्वज होते असे खात्रीने म्हणता येत नाही.

गेल्या वीस वर्षांत नवीन आणि महत्वाचे आणखी दुवे दक्षिण आफ्रिकेत मिळाले आहेत. डार्ट यांना एका बाळाची कवटी मिळाली, तर ब्रूम यांना पूर्ण वाढ झालेल्या माणसासारख्या प्राण्यांच्या कवट्या आणि इतर हाडे मिळाली. ती स्टॅलेग्माइट गुहेत मिळाली. (या गुहात शतकानुशतके झिरपणाऱ्या पाण्यात कॅल्साइट म्हणजेच खडू व चुना अशा पदार्थांची संयुगे असतात, ती जमिनीवर साठून त्यांचे मनोरे होत जातात). जावा व पेकिन येथे मिळालेल्या प्राण्यांपेक्षा दक्षिण आफ्रिकेतले प्राणी अधिक एपसारखे होते. त्यांना कपाळ जवळजवळ नव्हतेच आणि त्यांचे तोंड चंबूसारखे बाहेर आलेले होते. प्रथमदर्शनी त्या कवट्या चिंपेंझीपेक्षा अधिक माणसासारख्या होत्या, असे निदान एका अस्थिरचना तज्ज्ञाने केले होते.

एपपेक्षा ह्या कवट्या अधिक मानवी आहेत असे ब्रूम आणि लेग्रोस क्लार्क यांना वाटले, आणि त्याची त्यांनी कारणेही दिली आहेत. जिथे त्या कवट्या मिळाल्या तिथेच त्या दोघांनी त्यांचे निरीक्षण केले होते. शेंपटीच्या माकडांपेक्षा बिनशेंपटीच्या माकडांची शरीररचना आणि मेंदूच्या क्षमता अधिक माणसासारख्या असतात यात शंका नाही. तरीही त्यांच्यात व माणसात खूप फरक असतो. बिनशेंपटीच्या माकडांचे सुळे (दात) मोठे असून त्यांचा भांडणाच्या प्रसंगी उपयोग होतो. त्यांची मज्जारज्जू ज्या मार्गे मेंदूत शिरते तो मार्ग (माणसाच्या तुलनेत) डोक्याच्या अधिक मागच्या बाजूला असतो. त्यामुळे ते जेव्हा मागच्या पायांवर उभे राहून पुढ्यात बघतात तेव्हा त्यांना डोके खाली वाकवावे लागते. उभे रहाण्याकरता माणसाचे पाय जसे तयार असतात तितके या प्राण्यांचे पाय असत नाहीत. माणसाची टाच ही अतिशय वेगळी असते. माकडहाड (पेल्व्हिस) किंवा ओटीपोटातले अवयव एकत्र ठेवणारा हाडांचा खळगा ह्याही बाबतीत एप आणि माणूस यांची रचना अगदी वेगवेगळी असते. एपचे हात त्यांच्या पायांहून लांब असतात. इतर माकडे ह्या हातांचा उपयोग चालण्याकरता करतात, एप त्या हातांच्या सहाय्याने झाडांच्या फांद्यांवर लोंबकळतात.

वर दिलेल्या सर्व बाबतीत दक्षिण आफ्रिकेतल्या अवशेषांवरून ते प्राणी एपहून अधिक माणसासारखे असावेत असे दिसते. त्यांचे सुळे (दात) माणसाच्या सुळ्यांपेक्षा थोडेसेच पुढे होते, त्यावरून ते प्राणी मारामारी करण्याकरता किंवा तशाच काही कामासाठी काठी किंवा दगड यांचा उपयोग करत असावेत. तसेच मज्जारज्जू मेंदूत प्रवेश करते तो मार्गही माणसासारखा थोडा पुढे होता, एपसारखा डोक्याच्या मागे नव्हता.

त्यांच्या बाहुंची (खांदा ते मनगट) संपूर्ण हाडे मिळाली नाहीत, पण जेवढी मिळाली आहेत त्यावरून त्या प्राण्यांचे बाहू आखूड असावेत. त्या प्राण्यांच्या हाडांबरोबर त्या गुहांमध्ये इतर प्राण्यांचीही हाडे मिळाली ती पाहून ते प्राणी रानात रहाणारे नसून उघड्या माळरानात रहाणारे होते हे स्पष्ट होते. ह्याचा अर्थ असा होतो की ते ज्या प्रदेशात रहात होते तेथे त्यांना झाडांवरून उड्या मारायची गरज पडत नसावी आणि म्हणून त्यांना लांब हातांचा उपयोग नव्हता.

ब्रूम यांना त्या प्राण्यांचे ओटीपोटातील काही अवशेष मिळाले, आणि शिवाय तळपायाची कमानही मिळाली. ह्या कमानीमुळेच शरीराचे वजन उचलले जाते. प्रत्येक ठिकाणी त्या प्राण्यांचे स्वरूप मानवासारखे होते आणि ते प्राणी आपल्या मागच्या पायांवर चालत असावेत असे म्हणता येईल इतपत पुरावा मिळतो. पण तरी त्यांच्या कवठ्या एपसारख्याच अधिक होत्या असाच निष्कर्ष काढावा लागतो. त्यांच्या मज्जारज्जूचा मार्ग थोडा पुढे होता, पण त्याचे कारण त्या प्राण्याला बरेच उभे रहावे लागत असे हेच होते. त्यांच्या जवळपास कोणत्याही प्रकारचे अवजार किंवा दुसरी कोणतीही अशी निशाणी मिळाली नाही ज्यावरून त्यांना मानवाच्या बरोबरीला आले होते असे म्हणता येईल. मानववंशातल्या कोणत्याही प्राण्यापेक्षा त्यांची उंची कमी असावी.

त्या प्राण्यांपासून मानव उत्क्रांत झाला असे म्हटल्यास ते तितकेसे बरोबर ठरणार नाही. त्यासाठी दोन कारणे देता येतील. एक म्हणजे त्या प्राण्यांत अनेक लक्षणे माणसाची दिसून आली तरी त्यांचा मेंदू माणसाचा नव्हता. पण पुढच्या शंभर वर्षांत अशा प्राण्यांचे अवशेष दक्षिण आफ्रिकेशिवाय आणखी कुठेही मिळाले नाहीत तर मात्र ते मानवाचे पूर्वज होते असे समजावे लागेल. तेव्हा त्या प्राण्यांचे आणखी अवशेष जगातील इतर कोरड्या प्रदेशात (जसे मध्य आशिया) मिळण्याची शक्यता आहे, पण त्याकरता त्यात लक्ष घातले पाहिजे.

दुसरी गोष्ट म्हणजे हे प्राणी माणसासारखे चालत, पळत व जगत असले तरी त्यांच्या डोक्यात माणसाचा मेंदू नव्हता. आपल्या हातांचा उपयोग फांद्यांना लटकण्याखेरीज आणखी अधिक खुबीने करण्याच्या टप्प्यावर ते प्राणी येऊन ठेपले होते. तसा उपयोग केला असता तर हातांच्या हालचालींवर नियंत्रण ठेवण्याच्या दृष्टीने त्यांच्या मेंदूचा विकास झाला असता. चिंपॅंझी आपल्या हातांचा उत्तम उपयोग करून फांद्या धरतो, पण त्याच्या मेंदूचा अधिक विकास झाला तर तो त्याला फायदेशीर होईल असे खात्रीने काही सांगता येत नाही. जे प्राणी अवजारांचा उपयोग करायला लागले आहेत - ती अवजारे अगदी प्राथमिक दर्जाची असली तरी - त्या प्राण्यांना मात्र मेंदूच्या विकासाचा निश्चित फायदा होईल.

चिंपॅंझीपेक्षा त्या प्राण्यांना सामाजिक वागणुकीचा अधिक फायदा होईल. सिंहापासून जीव वाचवण्याकरता चिंपॅंझी झाडावर चढेल, आणि झाडावर तो चित्याहून अधिक वेगाने पळू शकतो, पण तरीही चिंपॅंझीचा मोठा गट लहान गटाच्या तुलनेत अधिक सुरक्षित असेल अशी खात्री देता येत नाही. पण वर सांगितलेल्या वीस प्राण्यांचा गट जमिनीवर असेल तर तो काठ्या, दगडांनी सिंहाला पळवून लावू शकेल ते चारांच्या गटाला जमणार नाही. शिकारीकरता ही एकजूट जमिनीवर अधिक परिणामकारक ठरते, झाडांवर तसे होऊ शकत नाही. आता ब्रूम यांनी शोधलेले प्राणी हे माणसाचे पूर्वज असतील किंवा नसतीलही. पण त्यांच्या अभ्यासावरून अवजारे वापरण्याची कला आत्मसात करणारे माणसाचे पूर्वज कसे असावेत याची कल्पना निश्चितपणे येते.

ब्रूमनी जमा केलेले अवशेष जसे अभ्यासायोग्य आहेत तसे ब्रूम स्वतःही अभ्यासायोग्यच आहेत. त्यांचे वय ८० हून अधिक आहे, पण त्यांचा उत्साह चाळीस वर्षांच्या माणसाला लाजवील असा आहे. ते मेडिकल डॉक्टर असून ऑस्ट्रेलिया आणि दक्षिण आफ्रिका या देशांत त्यांनी आपल्या पेशाचे काम केले. त्या दोन्ही देशांतल्या ग्रामीण भागात ते काम करीत आणि उरलेला बहुतेक वेळ तेथील प्राण्यांचा अभ्यास करीत. नंतर त्यांनी अवशेषांचा अभ्यासही सुरू केला. दक्षिण आफ्रिकेत त्यांनी अवशेषांच्या मालिका जमविल्या आणि सरपटणाऱ्या प्राण्यांपासून सस्तन प्राणी उत्क्रांत झाले हे दाखवून दिले. अवशेष जमवून त्यांचा अभ्यास करण्याचे काम त्यांनी वयाच्या ७० व्या वर्षी सुरू केले आणि त्यांत संपूर्ण यशस्वी झाले.

वैज्ञानिक ज्या वयात सेवानिवृत्त होतात त्या वयात त्यांची विद्यापीठात नेमणूक झाली. फावल्या वेळात त्यांनी केलेले काम हे एवढे प्रचंड आहे की, त्याची बरोबरी दहा-बारा मंडळींच्या कामाशी होईल. आमच्या पिढीत मानवी उत्क्रांतीच्या संबंधातील शोध अशा या थोर माणसाने लावले हा विचारसुद्धा दिलासा देणारा आहे.



## डार्विनचा सिद्धांत आणि त्याचा विपर्यास

बहुतेक मार्क्सिस्ट लोक डार्विनचा सिद्धांत मानतात. स्टॅलिनने डार्विनचे पुस्तक वाचले एवढ्या एका कारणाने धर्मवेत्त्यांच्या सभेतून त्याला घालवून दिले होते. लोकशाहीविरुद्ध कल्पनांना पाठिंबा देण्याकरता डार्विनच्या सिद्धांताचा उपयोग केला जातो हे खरे आहे. माझ्यामते डार्विनच या परिस्थितीला जबाबदार आहे. उत्क्रांती कशी झाली याचा वृत्तांत त्यांनी बरोबर दिला आहे, पण उत्क्रांतीच्या प्रक्रियेवर त्यांनी वक्तव्ये केली व ही परिस्थिती ओढवून घेतली.

‘निसर्गाची निवड’ या सिद्धांताविषयी आपण आधुनिक भाषेत सांगू शकतो. प्राणी समाजातल्या काही प्राण्यांच्या शरीरात एक विशिष्ट जनुक असेल आणि त्याच्यामुळे ते प्राणी इतरापेक्षा सरस असतील तर साहजिकच त्यांचे वंशजही ते जनुक घेऊन जन्मतील, परिणामी त्या जनुकाचा प्रादुर्भाव त्या प्राणी समाजात होत जाईल. पेशीच्या केंद्रात असलेली एक रचना म्हणजे जनुक. जनुक सूक्ष्मदर्शकातूनही दिसत नाही. पण त्या रचनेची प्रतिकृती एका पिढीतून दुसऱ्या पिढीकडे पोहोचते. सरसता म्हणजे फक्त तग धरून रहाणे आणि वंशवृद्धी करणे एवढेच नसते. डार्विनच्या सिद्धांताप्रमाणे सांगायचे तर जो प्राणी आपल्या पिलांकडे लक्ष पुरवतो, तो प्राणी तसे न करणाऱ्या प्राण्यांहून अधिक सरस असतो. कारण त्यांच्यापैकी बरेचजण मोठ्या वयापर्यंत जगतात. डार्विनला वाटे त्याप्रमाणे उत्क्रांतीचे मुख्य सूत्र ‘निसर्गाची निवड’ हेच आहे. आणि त्याचे महत्त्व आधुनिक कामातून सिद्ध झाले आहे.

पण एवढेच सांगून डार्विन थांबला नाही. ‘निसर्गाची निवड’ म्हणजे चांगल्याचा स्वीकार आणि वाईटाला नकार, ह्या निवडीतून प्रत्येक प्राणिमात्राचे कल्याणच होत

असते, अशा निवडीचा परिणाम म्हणून प्राणिमात्रांच्या शारीरिक आणि मानसिक क्षमता परिपूर्णतेकडे जात रहातील असा त्याचा दृढ विश्वास होता. प्राण्यांच्या जाती नष्ट झाल्याचेही त्याला माहीत होते. सरसता किंवा परिपूर्णतेच्या मार्गावर आघाडी मारलेल्या जातींच्या स्पर्धेत पीछेहाट झाली म्हणून त्या नष्ट झाल्या असे तो मानतो.

इंग्लंडमधील बूड्वा वर्गातील सुखवस्तु लोकांच्या दृष्टिकोनाचा डार्विनवर पगडा होता अशी टीका त्याच्यावर मार्क्स आणि एंगल्स करतात. चांगुलपणा आणि यश, बल आणि योग्य या कल्पनांतला फरक त्याने स्पष्ट केला नव्हता असे ते उदाहरणाने दाखवून देतात. परिस्थिती जेव्हा आपल्या विरुद्ध जाऊ लागते तेव्हाच भांडवलशाही (वर्ग) त्या कल्पनांतला फरक पाहू लागतो (तशी सुरुवात झालेली आहे.) पण १०० वर्षांपूर्वी त्या वर्गाला आपण बरोबर आहोत याची जितकी खात्री होती तितकीच आजही आहे. मार्क्ससारखे थोडेच विचारवंत त्या वर्गाची अधोगती पाहू शकतात.

सरस प्राणी तगून रहातात ह्या तत्त्वाने प्राण्यांची किंवा वनस्पतींची ती जात सरस होतेच असे नाही. (निदान ते सहज स्पष्ट होत नाही.) बहुतेक वेळा एक गुण त्या प्राण्यांना सरस बनवतो, पण काही वेळा त्याच गुणाने ते प्राणी कमी सरस बनण्याची शक्यता असते. कित्येक सस्तन प्राण्यांत किंवा पक्ष्यांत एकेका नराला पुष्कळ माद्या असण्याची पद्धत आहे. त्यांच्यातला बलवानाला अनेक माद्या मिळतात तर अशक्ताला एकही मिळत नाही. अशा प्राण्यांत नर हा मादीपेक्षा आकाराने बराच मोठा असतो, जसे कोंबडा हा कोंबडीहून मोठा असतो. गाणारे काही पक्षी एकपत्नी असतात, त्यांच्यातले नर-मादी साधारण एकाच आकाराचे असतात. फर-सील नावाचे मासे अनेक माद्यांबरोबर संग करतात, त्यांच्यातल्या नर व मादी यांच्या आकारात फार फरक असतो. मादीवरून स्पर्धा होते तेव्हा मोठा आकार उपयोगी पडत असेल, पण प्रत्येक बाबतीत तो फायदेशीर ठरतो असे नाही. उदाहरणार्थ, वर सांगितलेल्या माशांना मोठेच मासे खावे लागतात, पण मोठे मासे नेहमी (लहान माशांइतके) मुबलक प्रमाणात मिळत नाहीत.

अशमीभूत अवशेषांवरून पुष्कळ गोष्टी स्पष्ट होतात. अनेक जातीचे प्राणी आकाराने वाढले, त्यांच्यातल्या नरांना शिंगे किंवा शस्त्रासारखे वापरता येतील असे इतर अवयव आले असे दिसून येते. आकाराने वाढत जाणे हा ती जात नष्ट होण्यापूर्वीचा एक टप्पा ठरला. महाकाय प्राणी नष्ट झाले आणि लहान प्राणी शाबूत राहिले असे आढळले.

बहुविध कौशल्ये आत्मसात केली तर त्या प्राण्यांना फायदा होतो. कीटकांपैकी कित्येक कीटक एकच प्रकारच्या वनस्पतीवर जगतात. ती वनस्पती मुबलक असते तोवर निसर्गाची निवड त्या कीटकांच्या वाट्याला येईल, पण ते कीटक जर त्या

वनस्पतीशिवाय दुसरी वनस्पती खात नसतील आणि जर ती वनस्पती नष्ट झाली तर ते कीटकही नष्ट होतील.

कधी कधी एखादी विशेष सवय एखाद्या प्राण्याला नवे दालन खुले करून देते. उदाहरणार्थ, पुढच्या पायांचे पंखात रूपांतर झाल्यामुळे पक्ष्यांना संचार करायला नवे क्षेत्र मिळाले. बहुतेकदा हे पंख असलेले प्राणी गुहा किंवा डोंगरांच्या कडा अशा ठिकाणी रहातात. त्यातही कधी नशीब खुलते. आता बघा ना, लंडनमधल्या माणसांनी बांधलेल्या गगनचुंबी इमारती कबुतरांना कड्यांसारख्या रहायला मिळाल्या.

एखादे वेळी फायदेशीर असलेली सवय लावून घेतली तरीही त्या जातीतल्या प्राण्यांची संख्या घटतच जाते. समजा एका प्रकारच्या कीटकात एक जनुक आला आणि त्यामुळे ते कीटक पक्ष्यांच्या नजरेत सहजपणे येईनासे झाले. अशा वेळी 'निसर्गाची निवड' या सिद्धांतानुसार हा जनुक त्या कीटकांच्यात पसरले आणि ते पक्ष्यांच्या तावडीतून बचावतील. पण ते कीटक जर परजीवी जंतूंच्या तावडीत सापडले तर त्यांची संख्या घटत जाईल. आणि त्या परजीवींना मात्र दुसरा वाटेकरी न राहिल्याने त्यांच्या संख्येत वाढ होईल.

माझ्या मते 'निसर्गाची निवड' हा उत्क्रांतीचे एक मुख्य चाक आहे. त्यामुळेच पाळलेले प्राणी आपल्या उपजत प्रेरणा आणि उपयोगी अवयव गमावून बसणे शक्य आहे. इतर प्राणी आपले उपयोगी अवयव आणि उपजत प्रेरणा गमावत नाहीत ह्याला 'निसर्गाची निवड' ही शक्ती जबाबदार असते. पण ती शक्ती एकमार्गी असून दीर्घकालावधीकरता फायदेशीर ठरतेच असे नाही. कित्येक जाती नष्ट होण्यास ती शक्ती कारणीभूत होते. निसर्गाच्या निवडीमुळे कित्येक जाती बंद मार्गावर ढकलल्या गेल्या व नष्ट झाल्या.

आर्थिक शक्तीही मानवी समाजाच्या विकासात असेच करते हे मार्क्सने प्रथम स्पष्टपणे ओळखले. त्याच्यापूर्वीच्या ऍडम स्मिथसारख्या अर्थतज्ज्ञांना वाटे की आर्थिक स्पर्धेमुळे सर्वच देशांची भरभराट होईल. ते तसे नाही हे आज कळून चुकलंय. भांडवलशाहीच्या स्पर्धेतून केवळ थोडेच व्यवसाय तगतात आणि त्यांच्यातून मक्तेदारीचा विकास होतो. सुदैवाने साम्यवाद्यांना त्यातून मार्ग सापडला. आपल्या शेजाऱ्यांना व मित्रांना ते थोड्या वेळात पटवणे हे एक अवघड काम आहे.

स्मिथ आणि रिकार्डोचे सूत्र घेऊन मार्क्सने जसे पुढचे काम केले तसे उत्क्रांतीचे भावी अभ्यासक डार्विनच्या कामावर इमले बांधतील पण त्याकरता निसर्गाची निवड कधी घडते याचा अभ्यास आवश्यक आहे. आर्थिक घडामोडी ज्या वेगाने घडतात त्या वेगाने हे निसर्गाचे काम होत नसते त्यामुळे आपल्या एका पिढीत त्याचे ज्ञान होईल

अशी आशा करणे व्यर्थ आहे. म्हणून डार्विनच्या सिद्धांताबद्दल तर्कशुद्ध विचार करायला हवा, ते होईपर्यंत मानवी उत्क्रांतीवर नियंत्रण ठेवण्याची भाषा ही निरर्थक आणि अपायकारी ठरेल. हिटलरने तसा प्रयत्न केला, तो आज जिवंत नसला तरी त्याच्या कल्पना अजून जिवंत आहेत. डार्विनचा सिद्धांत हा नव्या हिटलरशाहीचा पाया ठरणार नाही याबाबत आपण सतर्क राहिले पाहिजे.



## उत्क्रांतीचे गणित

विज्ञान सामान्यांपर्यंत पोहोचवण्यात सर्वात मोठी अडचण म्हणजे त्याच्या बहुतेक प्रत्येक भागाचे गणितात रूपांतर होते ह्याचे स्पष्टीकरण देणे ही. ब्रिज हा पत्त्यातला डाव खेळताना थोडे गणित येणे आवश्यक असते. आनुवंशिकता या विषयाचा अभ्यास करण्याकरता त्याहून अधिक गणिताची गरज नसते. पण तितके गणित तरी आलेच पाहिजे.

उत्क्रांती या विषयाचा अभ्यास सध्या झपाट्याने गणिताचे रूप घेऊ लागला आहे. डार्विनच्या विचारांचे माध्यम शब्द होते. त्याचे वंशज आज अंकांच्या माध्यमातून विचार करतात. जे जे पुरावा शोधायला निघाले, त्यांना त्या कामाला बरीच वर्षे लागली, पण त्या सगळ्यांना उत्क्रांती ही कल्पना मान्य आहे. आज जे प्राणी व वनस्पती दिसतात त्यांचे पूर्वज त्यांच्यापेक्षा खूप वेगळे होते हे त्यांच्या अवशेषांवरून पहायला मिळतात, यावर त्यांचा विश्वास आहे. असे असले तरी काही अनुवंशाविषयी संदिग्धता आहे आणि तेथे उत्क्रांती कशी होत गेली याविषयी बराच संभ्रम आहे.

निसर्गाची निवड या सिद्धांताच्या आधारे या शंका दूर होतील असे अनेक जीवशास्त्रज्ञांना वाटते. काही लॅमार्कसारखे शास्त्रज्ञ म्हणतात की शिकून घेतलेले गुणही पुढच्या पिढीत उतरतात. उदाहरणार्थ, एका कोंबडीला चांगला शिधा खायला घातला तर ती मोठी अंडी घालतेच, पण शिवाय तिला झालेल्या कोंबड्याही मोठी अंडी घालतील. पण कितीतरी शास्त्रज्ञ उत्क्रांतीला मार्गदर्शन करणारा हात देवाचा आहे असे मानतात. म्हणजे टेपवर्म व क्षयाचे जंतू देवाने निर्माण केले असा याचा अर्थ होईल (माणसे पापाचरण करू लागण्यापूर्वी हे परजीवी जंतू अस्तित्वात होते हे इथे लक्षात

घेतले पाहिजे). काही शास्त्रज्ञ उत्क्रांती कशी होते हे नक्की माहीत नसल्याचे कबूल करतात.

कालमापन निश्चित करण्याकरता प्रथम गणिताचा आधार घ्यावा लागतो. रेडिओऑक्टिव्ह धातूचे पृथक्करण करून ते साधता येते. युरेनियम किंवा थोरियमचे कालांतराने शिशात रूपांतर होते. त्या शिशाचे आण्विक वजन साध्या शिशाच्या आण्विक वजनाहून वेगळे असते. रेडिओऑक्टिव्ह धातू जितका जुना तितक्या अधिक प्रमाणात हे विशेष प्रकारचे शिसे त्यात सापडते.

अश्मीभूत अवशेषांमध्ये गेल्या २० लाख वर्षात किती फरक घडून आला ते काळजीपूर्वक तपासणे हा पुढचा टप्पा आहे. त्यातून आश्चर्यकारक माहिती मिळाली. ५ कोटी वर्षात घोड्यांचे दात अधिक लांब होत चालल्याचे आढळले आहे. घोड्यांचे पूर्वज झाडावरची पाने खात, त्यासाठी आखूड दात पुरेसे होते. झाडांवरच्या पानांच्या मानाने गवत अधिक कचकचीत असते आणि त्यात मातीतली कचकचही मिसळते. असे गवत चावल्याने दात झिजून जातात. या कारणाने गवत खायला लागलेला आखूड दातांचा प्राणी जेमतेम एक वर्ष जगू शकत होता. दात झिजले की अन्न खाणे बंद होऊन तो मरून जाई. त्यांच्या दातांची उत्क्रांती झाली व त्यात सोईचे बदल होत गेले. हे बदल होण्यास अवधी मात्र फार मोठा लागला. आताच्या घोड्यांचे दात आणि वीस लाख वर्षांपूर्वीच्या घोड्यांचे दात यांच्या लांबीत फार फरक आढळत नाही.

विशिष्ट परिस्थिती तयार करून त्यात प्राण्यांना ठेवून त्यांच्या बाबतीत नैसर्गिक निवडीचे तत्त्व लावून त्या प्राण्यांच्या गुणधर्मात बदल करता येतो का हे पहाणे हा त्याच्या पुढचा टप्पा आहे. सोव्हिएट युनियनमध्ये माशांच्या समाजाबाबत ड्युबिनिनने, यु.एस. मध्ये डॉबझान्स्कीने, इंग्लंडमध्ये कालमसने तर फ्रान्समध्ये तिसिये याने असे प्रायोग केले. त्यातील कीटकात घडून आलेल्या बदलांविषयीचे गणिती सिद्धांत फार जटिल आहेत. ते प्रयोग केले त्यापूर्वीही काही आकडेमोड करून मी काही सिद्धांत मांडले होते, आणि नैसर्गिक उत्क्रांतीमध्ये ज्या अधिक जटिल समस्या उभ्या रहातात त्यांच्यावर राइट आणि फिशर यांनी काम केले.

इतर प्राणी किंवा वनस्पती यांच्यात नैसर्गिक निवडीनुसार होणाऱ्या बदलांपेक्षा आपल्याला माणसात झालेल्या तसल्या बदलांविषयी अधिक माहिती आहे. याचे कारण उघड आहे. आनुवंशिकतेने काही विषमता घेऊन जन्माला आलेल्या माणसांचे (सामान्याहून वेगळी) निरीक्षण करून ती माणसे साधारण किती जगतात आणि त्यांना मुले किती होतात हे पहाता येते. वन्यपशूंच्या बाबतीत तसे निरीक्षण करणे अवघड जाते. पिंजऱ्यातले पांढरे उंदीर हे काळ्या उंदरांइतकेच सुदृढ असतात, त्यांचे जगण्याचे

मान, पिलं होण्याचे काम हे इतर उंदरांसारखेच असते. सरमिसळ असलेल्या उंदीर समाजातून पांढरे उंदीर नाहीसे होत नाहीत. पण जर पांढरे उंदीर स्वतंत्र झाले तर ते तितकेसे सुदृढ रहात नाहीत. ह्याचे एक कारण म्हणजे इतर उंदरांइतकी त्यांची दृष्टी चांगली नसते आणि दुसरे म्हणजे त्यांच्या रंगामुळे ते सहज शत्रूच्या दृष्टीस पडतात. पण एक हजार पांढरे उंदीर आणि तितकेच इतर उंदीर अभ्यासून पांढरे उंदीर कसे दुर्बल असतात हे ठरवता येत नाही. तेच माणसातील शेकडो बुटक्यांच्या किंवा हेमोफिलिक्सने पीडित - ह्या लोकांचे रक्त फार सावकाशपणे साखळते - माणसांचे निरीक्षण करणे सहज शक्य असते.

नैसर्गिक निवडीच्या गणिती सिद्धांताचे उपयोजन मानव समाजावर लगेच झालेले दिसते. मानवी समाज सुधारण्याची इच्छा असलेल्या स्त्री-पुरुषांना हा सिद्धांत जरा अवघड वाटतो. आणि तो त्यांना अवघड वाटला तर तो त्यांचा दोष नाही, पण मानवी प्रजा अधिक चांगली निपजावी याकरता त्यांनी मांडलेले प्रस्ताव हे आवश्यक गणिताशिवाय मांडले याचा दोष मी त्यांनाच देतो. वेगवान विमानाचा गणिताशिवाय केलेला आराखडा करणे जसे निष्फळ तसेच हे आहे. तसे करणे हे अधिक अपायकारकही ठरेल. चुकीचा आराखडा असलेल्या विमानाचे चालक आणि प्रवासी मृत्युमुखी पडतील, पण मानववंशाच्या जीवशास्त्राबद्दलच्या चुकीच्या कल्पनांवर आधारित योजनांमुळे लाखो लोक मृत्युमुखी पडतील, ह्याचे हिटलरने प्रात्यक्षिकच दाखवले आहे.

नैसर्गिक निवडीचा सिद्धांत एक गोष्ट स्पष्टपणे दाखवतो. मानवी वंशाची काही पथ्ये पाळणे शक्य आहे, पण त्याने मिळालेले यश वाटले होते त्यापेक्षा कमीच आहे. हिमोफिलिक्स माणसांपैकी निम्म्यांचा, तर बुटक्यांपैकी एक चतुर्थांश जणांचा जन्म आपण रोखू शकू. पण त्याकरता मानवी स्वातंत्र्यात आपल्याला थोडाफार हस्तक्षेप करावा लागतो आणि ती गोष्ट कितपत योग्य आहे याबद्दल मला शंका आहे. मानसिक दोष असणाऱ्यांचा जन्म रोखणे हे अधिकच कठीण आहे कारण अशा मुलांचे पालक हे सर्वसाधारण लोकांसारखे असतात. तरी अशा मुलांचे जन्म रोखणे किंवा जन्मानंतर औषधपाणी करून त्यांना बरे करणे अशक्य कोटीतले नाही.

मी पुन्हा उत्क्रांतीकडे वळतो. नैसर्गिक निवड हा उत्क्रांतीतला महत्वाचा घटक आहे. त्याच्यामुळे कितीतरी घटनांचे स्पष्टीकरण मिळते. काही बदलांचा अर्थ लावणे अवघड जाते त्यामुळे सगळ्याच बदलांचे स्पष्टीकरण या सिद्धांताच्या आधारे देता येईल का हा प्रश्नच आहे. विमान हे ध्वनीच्यापेक्षा अधिक वेगाने उडेल का ह्याविषयी वाद घालणे हे जितके व्यर्थ आहे, तितकेच काही माणसांत निर्माण झालेल्या दोषांबद्दल वाद घालणे व्यर्थ आहे.

हे सर्व समजावून सांगण्यात मोठी अडचण म्हणजे विज्ञान हे अधिकाधिक गणिताकडे झुकते आहे ही घटना. त्यावर उपाय म्हणजे मुलांनी अधिक गणित शिकले पाहिजे. अंदाजांच्या किमतीविषयीची गणिते सोडवायला लावण्यापेक्षा, गणित अधिक जीवनाभिमुख केले तर मुले गणित शिकतील. माझ्या वाचकांना गणिताचे महत्त्व पटेपर्यंत मला असेच ठामपणे लिहावे लागणार आहे.





## लॅंगेव्हिन

पॉल लॅंगेव्हिन १९४६ साली मरण पावले तेव्हा त्यांचा मृत्युलेख लिहिण्याची जबाबदारी माझ्यावर टाकण्यात आली. मला ती कामगिरी नाकारावी लागली कारण विज्ञानातल्या त्यांनी केलेल्या कामाविषयी मला पुरेशी माहिती नव्हती. पदार्थविज्ञानाच्या अनेक शाखांत त्यांनी काम केले होते, आणि रॉयल सोसायटीने आजवर गौरवलेल्या दोन परदेशी वैज्ञानिकांपैकी ते एक होते, या दोन घटना मला माहीत होत्या. पण त्यांनी नक्की काय केले होते ह्याबद्दल मला निश्चित माहिती नव्हती. 'ला पॉसी' ह्या त्यांनी सुरू केलेल्या मासिकातले शेवटचे लेख वाचले तेव्हा मला त्यांच्या कामाच्या आवाक्याची कल्पना आली.

अठराशे सत्त्याण्णव साली लॅंगेव्हिन पॅरिसहून शिष्यवृत्ती घेऊन केंब्रिजला आले. तेथे त्यांनी जे.जे. थॉमसनच्या हाताखाली काम करायला सुरुवात केली. वायूतून होणारे विजेचे वहन यावर थॉमसन संशोधन करीत होते, त्यातूनच इलेक्ट्रॉनचा शोध लागला. लॅंगेव्हिनचे पहिले दहा निबंध त्या संशोधनाबद्दलच होते.

एकोणीसशे पाच साली त्यांनी आणखी तीन निबंध प्रसिद्ध केले. ते चुंबकत्व, सापेक्षता आणि वायूत होणारी अणूंची हालचाल या विषयांवर होते. लॅंगेव्हिनच्या सर्व कामांपैकी चुंबकत्वावरील कामाची सर्व शास्त्रज्ञ प्रशंसा करीत. चुंबकत्वाला सहकारी तत्त्व म्हणतात. चुंबकत्व असलेल्या लोखंडाचे अणू हे काही साध्या लोखंडातील अणूपेक्षा वेगळे असत नाहीत. त्यांची रचनाही वेगळी नसते. फक्त त्यातल्या सर्व अणूंची तोंडे एकाच दिशेला असतात आणि प्रत्येक अणू हा चुंबक असतो म्हणून ती सर्वच पट्टी चुंबक बनते.

बरीच वर्षे एवढा अंदाज बांधला गेला होता. लॅंगेव्हिनने ती समस्या तर्काने सोडवायला घेतली. पण माझ्या माहितीप्रमाणे ते तेव्हा तरी मार्क्सिस्ट नव्हते. अणूंच्या नियमित एकदिश रचनेला कारणीभूत होणारे घटक कोणत्या इतर घटकांशी विरोध करतात ह्याचा ते शोध घेऊ लागले. तो विरोध करणारा घटक म्हणजे उष्णता आहे असे त्यांना आढळून आले. लोखंडी पट्टी जेवढी अधिक गरम होईल तेवढे नियमित एका दिशेने जाणारे अणू मार्ग सोडून विखरायला लागतात आणि जसे अणू आपला एकदिश मार्ग सोडतील तसे त्या प्रवाहातले चुंबकत्व कमी होते. हे आणि अशा प्रकारच्या काही घटना लॅंगेव्हिनच्या शोधापूर्वी माहीत होत्या. लॅंगेव्हिनने अनेक विशिष्ट उदाहरणे घेऊन त्यात काय घडले हे तपासले आणि त्याची सर्व उत्तरे बरोबर होती हे इतरांनी केलेल्या अनेक प्रयोगांतून सिद्ध झाले.

लॅंगेव्हिनने एका नवीनच घटनेचा अंदाज वर्तवला. ती घटना म्हणजे एका पदार्थात जेव्हा चुंबकत्व येते तेव्हा त्याचे तापमान वाढते, पुष्कळदा ते अगदी सूक्ष्म प्रमाणात असते. पण ही गोष्ट सिद्ध झाली, आणि तिच्या आधारावर अतिशीतता निर्माण करण्याचे तंत्र तयार झाले. वायूंना द्रवरूप देण्याकरता प्रथम त्यांना वेगाने प्रसरण पावायला लावतात. हे द्रवरूप वायू आणखी थंड केले जातात आणि त्यांचे बाष्पीभवन होत असताना त्यांना गोठवून टाकले जाते. अशा वेळी त्यांचे तापमान इतके कमी होते की त्यापुढे त्यांचे बाष्पीभवन होऊ शकत नाही. मग चुंबकीय क्षेत्रात काही स्फटिक ठेवले जातात आणि त्यांचे तापमान शक्य होईल तेवढे कमी केले जाते. चुंबकीय क्षेत्र तिथून काढून टाकतात तेव्हा ते स्फटिक आणखी थंड होतात. एवढे झाल्यानंतरही स्फटिकात जी काय किंचित उष्णता उरते तेवढ्याने ती चुंबकीय क्षेत्राने निर्माण केलेली नियमितता नष्ट होते. अशा प्रकारे चुंबकत्व आणि तापमान यांच्यातल्या संघर्षाचा अभ्यास झाला. एवढ्यातून चुंबकत्वाचा सिद्धांत आणखी अचूक झाला. तो सिद्धांत वस्तूच्या इतर गुणधर्मांना लावता येणे शक्य झाले. शिवाय भावी उद्योगांना पायाभूत ठरेल अशी नवी तांत्रिक पद्धतीही मिळाली.

सापेक्षतेच्या सिद्धांतावर लॅंगेव्हिननी केलेल्या कामामुळे आइनस्टाइनचा सिद्धांत तर सिद्ध झालाच, पण शिवाय त्याचा अधिक विस्तारही झाला. लॅंगेव्हिनच्या मृत्युलेखात आइनस्टाइनने लिहिले, 'इतरत्र कुठे त्यावर संशोधन झाले नसते तर त्यांनी (लॅंगेव्हिननी) सापेक्षतेविषयी एक विशेष सिद्धांत विकसित केला असता असा माझा विश्वास आहे, कारण त्यातले महत्त्वाचे मुद्दे त्यांनी जाणले होते.'

लॅंगेव्हिनने आपला सिद्धांत रसायनशास्त्रात वापरला. हायड्रोजनच्या आण्विक वजनाचे एकक धरून मूलद्रव्यांची आण्विक वजने मोजली तर ती पूर्ण संख्येत येत नाहीत हे बरीच वर्षे माहीत होते. ऊर्जेला वजन आणि वस्तुमान असते त्यामुळे

मूलद्रव्यांची आणि वजन पूर्ण संख्येत येत नाहीत असे लॅंग्व्हिनने एकोणीसशे तेरा मध्ये प्रतिपादन केले. त्याचे अचूक उपयोजन करण्याकरता आणखी एक टप्पा पूर्ण व्हावा लागला. दहा वर्षांनंतर ऍस्टनने अणूचे वजन (अगदी १/१००० इतक्या फरकापर्यंत) काढले तेव्हा लॅंग्व्हिनच्या तत्वाचे उपयोजन करता आले. आता ऊर्जेला वस्तुमान व वजन असते हे सर्वमान्य झाले आहे. हायड्रोजनचे आण्विक वजन म्हणजे एक असे धरून जर लोखंडाच्या दोन वेगवेगळ्या प्रकारच्या अणूंची वजने घेतली तर ती बरोबर चौपत्र आणि छप्पत्र इतकी येत नाहीत. त्या मूल्यांपेक्षा ती जवळजवळ एका टक्क्याहून कमी भरतात. त्याचे कारण म्हणजे आपण हायड्रोजनपासून लोखंडाचा अणू बनवला तर बरीच ऊर्जा वाया जाते आणि ऊर्जेला वजन असते. आण्विक वजनांचे अशाच प्रकारचे गणन केले तर अणुबॉम्बमधून किती ऊर्जा बाहेर पडते ते काढता येते.

आता एक विस्मयकारक योगायोग पहा. 'आर्यन हील' (लोखंडी टाच) या कादंबरीत लेखक जॅक लंडन याने फॅसीझम येणार असे भाकित केले आहे. ती कादंबरी प्रत्येक साम्यवादाने वाचली पाहिजे. फॅसिझममध्ये कामगारांच्या चळवळीत फूट पडेल आणि कमालीचे क्रौर्य असेल इथपर्यंत लेखकाने बरोबर लिहिले आहे. पण लेखक साम्यवादी नसल्याने अशी परिस्थिती डळमळीत होऊन एका पिढीपर्यंतही टिकणार नाही हे त्याच्या लक्षात आले नाही. आणि ती परिस्थिती पुढे कित्येक शतके तशीच टिकून राहील असे त्याने रंगवले आहे. मुळात ते पुस्तक एव्हरहार्टच्या पत्नीने लिहिले आहे असे समजले जाते. एव्हरहार्ट हे समाजवादी नेते असून त्यांना फॅसिस्टांनी मारून टाकले होते. एव्हरहार्टचे सासरे हे कॅलिफोर्नियामध्ये प्राध्यापक होते. ते स्वतः सोशलिस्ट झाले होते. त्यांनी वस्तू आणि ऊर्जा यांची अनन्यता (आयडेंटिटी) लक्षणे शोधून काढली होती.

हे सर्व लॅंग्व्हिनने केले असे नाही. अणूचे वस्तुमान आणि वजन यांतील काही अंश हा अणूतील ऊर्जेचा असतो एवढेच त्यांनी दाखवून दिले होते. सर्व वजन आणि वस्तुमान यांचे ऊर्जेत रूपांतर करता येईल असे अजूनही खात्रीने सांगता येत नाही. लॅंग्व्हिनच्या हेलन नावाच्या मुलीने जॅकस सॉलोमन या पदार्थ वैज्ञानिकाशी लग्न केले. जर्मनांच्या आक्रमणाच्या काळात गेस्टॅपोनी ज्या अनेक साम्यवाद्यांना गोळ्या घातल्या, त्यांत सॉलोमनचा समावेश होता. लॅंग्व्हिननाही एकोणीसशे चाळीस साली अटक झाली, पण नंतर सोडून देण्यात आले. पण पुन्हा अटक होण्याची लक्षणे दिसताच त्यांनी स्वित्झरलंडला प्रयाण केले.

एकोणीसशे पाच सालांनंतर त्यांचे लेख अधिक गणिताकडे झुकू लागल्याने त्यांनी प्रयोग करण्याचे सोडून दिले असावे अशी शंका येऊ लागली होती. पण पहिल्या महायुद्धाच्या काळात त्यांनी आपले संशोधन पुन्हा सुरू केले. पाण्यात ध्वनीच्या वेगाहून

अधिक वेगाची कंपने होतात आणि त्या कंपनांचे झोत तयार होतात, यावर ते संशोधन होते. साध्या ध्वनिलहरी सहजपणे पसरतात, वळणावरून वळत जातात. पण अति कर्कश अशा लहरींचे झोत मात्र प्रकाशकिरणांसारखे वागू लागतात. त्या वेळी त्यांचा सर्व्हाइलटच्या झोतासारखा उपयोग करून पाण्यातले अडथळे (पाणबुड्यासुद्धा) शोधतात. क्युरी बंधूंनी पिएझो - इलेक्ट्रिसिटीची घटना शोधून काढली. लॅंग्व्हिनने ध्वनिलहरी नेमक्या शोधून काढण्याकरता त्या घटनेचा उपयोग केला. प्रत्यावर्ती (आल्टरनेटिंग) विद्युत् क्षेत्रात क्वार्ट्झची चकती ठेवली तर त्या क्षेत्रातील बदलानुसार ती चकती आकुंचन किंवा प्रसरण पावते. आणि ती चकती तेथील दाबातील फरकांचे रूपांतर विजेच्या उसळणाऱ्या लाटांत करते. लॅंग्व्हिनच्या संशोधनाचा उपयोग पाण्याखालीच होतो असे नव्हे, तर रेडिओ अभियांत्रिकी, अचूक घड्याळांच्या रचनेकरताही होतो, त्याशिवाय इतर व्यावहारिक कामातही त्या संशोधनाचे उपयोजन करतात. लॅंग्व्हिनने रसायनशास्त्र, किरणोत्सार, मापनाची एकके यावर संशोधन केलेच, पण आकाश निळे का दिसते याचा शोध घेतला, त्या सर्वांची माहिती देण्यास इथे जागा नाही.

शिकवण्याचे काम लॅंग्व्हिन मनापासून करित. त्यांनी पुष्कळ पुस्तके लिहिली, पण पदार्थविज्ञान विषयावरची आपली व्याख्याने एकत्रित करून त्यांनी कधीही छापली नाहीत. आजच्या काळात पदार्थविज्ञान हा विषय कसा शिकवला पाहिजे याचा आदर्श नमुना ठरावा अशीच ती व्याख्याने आहेत. पण त्याहीपेक्षा महत्वाचे म्हणजे त्यांच्या व्याख्यानांनी प्रकाश, उष्णता, ध्वनी, वीज, चुंबकत्व इत्यादींना वेगवेगळ्या शाखा न मानता ते सर्व एकत्र गुंफले.

एकोणीसशे पंचवीससाली एक चळवळ सुरू झाली आणि तिचे पर्यवसान एकोणीसशे बत्तीससाली पॅरिस येथे कामगारांचे विद्यापीठ स्थापण्यात झाले. ती चळवळ सुरू करणाऱ्यांपैकी लॅंग्व्हिन हे एक होते. एकोणीसशे एकोणचाळीस साली ते विद्यापीठ दडपून टाकण्यात आले, पण एकोणीसशे पंचेळासीस साली त्याचा पुनर्जन्म झाला त्या वेळी त्याच 'नवे विद्यापीठ' असे नामकरण करण्यात आले.

मुलकी क्षेत्रात स्वातंत्र्य मिळवण्याकरता खटपट करणारी एक संस्था पॅरिसमध्ये कार्यरत होती, तिला लॅंग्व्हिनचा मोठा पाठिंबा होता. एकोणीसशे छत्तीस च्या सुमारास ते युद्धविरोधी आणि कमालीचे शांततावादी होते... स्पेनच्या लोकांना प्रजासत्ताक राज्य हवे होते, त्याकरता त्यांना फ्रँके या हुकूमशहाशी टक्कर द्यावी लागली. तो एक तेजस्वी पण अयशस्वी लढा होता. त्या लढ्याला लॅंग्व्हिनचा कळकळीचा पाठिंबा होता. त्या लढ्याच्या काळात त्यांचा शांततावाद संपुष्टात आला. अशा परिस्थितीत त्यांनी कम्युनिस्ट पक्षात प्रवेश करणे स्वाभाविक होते आणि त्यांनी केलाही.

सिद्धांत आणि कृती यांचा मेळ घालण्याच्या दृष्टीने लॅंगेव्हिनचे काम महत्वाचे आहे. ब्रिटनमध्ये थॉमसननंतरच काय, मी तर म्हणेन, न्यूटननंतर कोणत्याही पदार्थवैज्ञानिकाने आपल्या विज्ञानाच्या सैद्धांतिक आणि तांत्रिक बाजूंनी झालेल्या प्रगतीची सांगड घातली नव्हती. इतर वैज्ञानिकांना न दुखवता लॅंगेव्हिनचे संपूर्ण चरित्र लिहिता येईल. पण त्यांच्या जीवनाच्या सर्व बाजू इतक्या संपन्न होत्या की त्यांच्या वैज्ञानिक आणि राजकीय कामांचा तपशील न लिहिता नुसते त्यांच्या भावनिक जीवनाविषयी लिहायचे म्हटले तरी एका महान पुस्तकाचा विषय ठरेल. आज आपल्याला अशाच माणसांची गरज आहे.



## हॉपकिन्स

सर फ्रेडरिक कौलंड हॉपकिन्स हे आधुनिक जीवरसायनशास्त्राचे संस्थापक होते. १९४७ साली त्यांचा देहान्त झाला. त्यांचे काम वैज्ञानिक समाजाच्या बाहेरच्या लोकांना फारसे परिचित नव्हते, ह्याचे एक कारण म्हणजे त्यांचे शोध वृत्तपत्रात ठळक बातम्या ठरतील असे नव्हते. पण त्या शोधांमुळे संशोधनाची नवी क्षेत्रे खुली झाली. अतिशय महत्वाचे ठरतील असे फक्त सहाच निबंध त्यांनी प्रसिद्ध केले ही एक नवलाची गोष्ट आहे. आज प्रत्येक जीवरसायनशास्त्रज्ञ गृहित धरतो तो दृष्टिकोन प्रथम हॉपकिन्सनी मांडला, पण तो त्यांनी जेव्हा मांडला तेव्हा त्याच्याकडे ते एखादे पाखंडी मत असावे तसे पाहिले गेले. गेल्या तीस वर्षांत तो दृष्टिकोन जीवरसायनशास्त्रावर आपला प्रभाव पाडून आहे.

हॉपकिन्स हे महान विश्लेषक होते. काही वर्षे त्यांनी सरकारी प्रयोगशाळेत विश्लेषकाचे काम केले. तेथे केलेल्या कामाविषयी ते क्वचितच बोलत, पण त्यांच्या कामाचा व्यवहारात पुष्कळ उपयोग होई. उदा. कित्येक कैद्यांना दोषी ठरवण्याकरता त्यांचे विश्लेषण उपयोगी पडले. ज्या शोधाने त्यांना प्रसिद्धी मिळाली तो शोध विश्लेषणात्मक पद्धतीवरच आधारलेला होता. बहुतेक सारी प्रथिने असेटिक ॲसिडबरोबर रंगाची प्रतिक्रिया करतात ही गोष्ट बरीच वर्षे माहिती होती. एकदा प्रथिनांची ही व इतर प्रतिक्रिया कशी मिळवायची हे आपल्या विद्यार्थ्यांना हॉपकिन्स शिकवत होते. एस. डब्लू. कोल ह्या विद्यार्थ्याला काही केल्या रंगाची प्रतिक्रिया मिळेना. इतर कुणी शिक्षक असते तर 'पुन्हा करून बघ' असे म्हणाले असते. पण हॉपकिन्स स्वतःही त्याचे प्रयोग करून पाहू लागले, तेव्हा त्यांनाही ती रंगाची प्रतिक्रिया मिळाली नाही. त्याचे

कारण शोधताना त्यांना कळले की रंगाची प्रतिक्रिया ही असेटिक ॲसिडमुळे येत नाही, तर ग्लायोक्सिलिक ॲसिडमुळे येते. प्रयोगशाळेतल्या असेटिक ॲसिडमधे ग्लायोक्सिलिक ॲसिडची सर्रास मिसळ असते. त्यानंतर जेव्हा त्यांनी फक्त ग्लायोक्सिलिक ॲसिडच वापरले तेव्हा प्रतिक्रियेचा जोर अधिक होता असे त्यांना दिसून आले. ते पाहून हॉपकिन्स आणि कोल मिळून पुढील संशोधनाला लागले. प्रथिनांमधला कोणता घटक त्या प्रतिक्रियेला जबाबदार असतो हे त्यांना शोधायचे होते. ट्रिप्टोफेन नावाचा एक पदार्थ काही ठराविक प्रथिनांमधे सामावलेला असतो, असे त्यांच्या निदर्शनास आले, आणि त्यांना तो पदार्थ विलगही करता आला. तो पदार्थ कोणत्याही संपूर्ण आहारात असणे आवश्यक असते हे त्यांनी दाखवून दिले.

ते सिद्ध करण्याकरता त्यांनी उंदरांकरता तसे आहार तयार केले. ज्या आहारात ट्रायप्टोफेनचा लवलेलेशी नव्हता तो आहार खाणाऱ्या उंदरांचे वजन घटत गेले. आणि जेव्हा अगदी अल्प प्रमाणात तो पदार्थ आहारात समाविष्ट केला तेव्हा उंदरांची वाढ चांगली झाली. उंदरांना फक्त प्रथिने, स्निग्ध पदार्थ आणि कार्बोहायड्रेट एवढे पुरेसे होत नाही, असे पन्नास वर्षांपूर्वीच्या पुस्तकात लिहिले गेले आहे. त्यांना आणखी कशाची तरी गरज होती, त्याला हॉपकिन्स उपसाधक अन्न घटक (ॲक्सेसरी फूड फॅक्टर) म्हणत, ते घटक दुधापासून मिळू शकत. त्यावर काम करणाऱ्या एकाने तसल्या घटकांपैकी एकाचे शुद्धीकरण केले व त्याला व्हिटॅमिन - जीवनसत्त्व - असे नाव दिले. आज इंग्रजीत हेच नाव प्रचलित झाले आहे, पण हॉपकिन्सनी दिलेले नाव अधिक सार्थ होते. हॉपकिन्सनी दोन लेख लिहिले त्यांत उंदरांना ट्रिप्टोफेन आणि दुधातले काही घटक आवश्यक असतात हे स्पष्ट केले. या विषयावर पुढे जे काम झाले त्याकरता हॉपकिन्सचे ते लेख आधारभूत धरले गेले. प्रयोगाच्या वेळी हॉपकिन्सच्या उंदरांचे वजन घटले एवढेच, त्यांना काही विशिष्ट आजार झालेला नव्हता. वर सांगितलेले घटक ज्यांच्या आहारात समाविष्ट केले होते, त्या उंदरांची वाढ इतकी चांगली झाली की वजन घटलेल्या उंदरांच्या आहारात काही आवश्यक घटकांचा अभाव होता हे सहज आणि संपूर्णपणे स्पष्ट झाले.

हॉपकिन्सनी कोणतेही एक जीवनसत्त्व विलग केले नाही. सेंट गियोर्गी यांनी आपल्या प्रयोगशाळेत अर्साविक ॲसिड हे एक जीवनसत्त्व तयार केले होते. त्याची रचना शोधण्याकरता त्यांनी द्राविडी प्राणायाम घातला होता. त्यांनी फुलपाखरे जमविली, त्यातल्या काहींच्या पंखातून प्टेरिन नावाचा एक वर्णक (पिग्मेंट) विलग केला, त्याची रचना साधारणपणे शोधली. त्याच्या या कामानंतर चाळीस वर्षांनी तो वर्णक म्हणजे फॉलिक आम्लाचा एक घटक असल्याचे निश्चित झाले. फॉलिक आम्ल हे एक जीवनसत्त्व आहे आणि ते माणसातल्या रक्तक्षयावरचा रामबाण उपाय म्हणून वापरले जाते.

हॉपकिन्सनी फ्लेचर या वैज्ञानिकाबरोबर काम करून आणखी एक मोलाचा शोध लावला. स्नायू आकुंचन पावले की त्या स्नायूंमध्ये लॅक्टिक आम्ल तयार होते. त्यानंतर तसल्या प्रकारचे अनेक पदार्थ विलग करण्यात आले त्यातून स्नायू आकुंचन पावण्याच्या रसायनशास्त्राचे बरेच आकलन झाले. एखादा रासायनिक पदार्थ जेव्हा जिवंत प्राण्यातून किंवा वनस्पतीतून प्रवास करतो तेव्हा त्याच्यात काय काय बदल घडून येतात हे शोधणे शक्य आहे हे हॉपकिन्सचे तत्त्व या शोधात मार्गदर्शक ठरले.

पन्नास वर्षांपूर्वी शरीरशास्त्राच्या कल्पनेप्रमाणे अन्न हे जिवंत पेशींपर्यंत पोहोचले की जिवंत जीवद्रव्यात (प्रोटोप्लाझम) समाविष्ट होते म्हणून माध्यमिक चयापचयाला (इंटरमिडीयरी मेटॅबॉलिझम) साधी रासायनिक तत्त्वे लावून बघणे व्यर्थ आहे. जिवंत पेशीत रासायनिक बदल ज्या आकृतिबंधात होतात त्याला माध्यमिक चयापचय म्हणतात. त्याला रासायनिक तत्त्वे लावून बघता येतील असा हॉपकिन्सचा विश्वास होता. आहारावर त्यांनी जे काम केले त्यासाठी मार्गदर्शक तत्त्व असे होते : 'प्राण्यांना काही संयुगे आवश्यक असतात पण ती त्यांच्या शरीरात बनत नाहीत. संपूर्ण आहारात आवश्यक ती सर्व संयुगे समाविष्ट केलेली असतात.' या कल्पनेवरच आपली रेशनिंग पद्धती आधारलेली आहे.

एकोणीसशे बावीस साली केंब्रिज विद्यापीठात जीवरसायनशास्त्राचे पहिले प्राध्यापक होण्याचा हॉपकिन्सना मान मिळाला. त्या विषयात आपल्या नंतरच्या जागेकरता त्यांनी माझी निवड केली. माझे काम त्यांच्या कामापेक्षा निराळे होते त्यामुळे आम्ही दोघे मिळून पुष्कळ विस्तृत काम करू शकू असे त्यांना वाटले असावे. मी जीवरसायनशास्त्र सोडून दिल्याचे कदाचित त्यांची निराशा झाली असेल, पण विचार कसा करावा हे मी त्यांच्यापासून शिकलो आणि त्या पद्धतीचा अनुवंशशास्त्रात उपयोगही केला.

वरिष्ठ या नात्याने ते प्रेमळ आणि विनयशील होते. इतरांच्या कामाचे आराखडे ते आखत नसत. जे त्यांचा आणि स्वतःचा वेळ खात असत त्यांना टाळण्याचा ते कधी प्रयत्न करत नसत. उलट ज्या विद्यार्थ्यांच्यात काही कमी असे ते विद्यार्थी शंकांनिरसनासाठी आणि वैयक्तिक मदतीसाठी हॉपकिन्सवर पूर्णपणे विसंबत असत. हाताखालच्या सर्व लोकांनी प्रेम केलेला असा दुसरा वरिष्ठ मी पाहिला नाही. त्यांनी दाखवलेल्या मार्गावर काहीजण तरी काम करू लागले ही सुदैवाची गोष्ट आहे. त्यांच्यापैकी क्वाटेल आणि स्ट्रीफनसन यांनी जिवंत बॅक्टेरियांच्या शरीरात होणाऱ्या रासायनिक प्रक्रियांविषयी बरीच माहिती मिळवली आणि आज जी रासायनिक उपचारपद्धती अस्तित्वात आहे तिचा पाया घातला.

जीवनप्रक्रियेसंबंधी हॉपकिन्सनी कोणताही सिद्धांत मांडला नाही, पण प्रयोगशाळेतर्फे 'ब्राइटर बायोकेमिस्ट्री' नावाचा एक विनोदाच्या अंगाने लिहिलेला अंक वर्षातून एकदा निघत असे. त्या अंकाकरता मात्र ते नियमाने लिहीत असत. त्यांपैकी 'शंभर वर्षांनंतरचे जीवरसायनशास्त्र' या विषयावर लिहिलेल्या लेखातून त्यांचे खरे विचार कळतात. एकवीसाव्या शतकातले जीवरसायनशास्त्रज्ञ यकृत आणि इतर अवयवांचे गुणधर्म तपासण्याकरता उच्च गणिताचा आधार घेत आहेत आणि जीवरसायनशास्त्रज्ञांनी शोधून काढलेल्या पदार्थांच्या गुणधर्मांचे अति काटेकोरपणे मोजमापन करण्याच्या कामात पदार्थवैज्ञानिक लागले आहेत असे त्या लेखात दाखवले आहे. सोव्हिएट रशियात संशोधनाचा पंचवार्षिक आराखडा तयार करणाऱ्यांची साधारण अशीच धारणा होती.

समकालीनांना त्यांची थोरवी समजेपर्यंत हॉपकिन्स वयस्क झाले. पण प्राध्यापक झाल्यानंतर काही वर्षांतच रॉयल सोसायटीचे अध्यक्षपद त्यांच्याकडे आले, नोबेल पारितोषिकाचे ते मानकरी झाले, सरकारतर्फे ऑर्डर ऑफ मेरिट हा किताब मिळाला आणि इतरही बरेच मानसन्मान त्यांच्या वाट्याला आले. पण त्या मानमरातबांचे त्यांना कधी अवास्तव महत्त्व वाटले नाही. उलट अशी पदके वगैरे वेळ झाली की मिळतात असे ते विनोदाने आपल्या सहकाऱ्यांशी बोलताना किंवा भाषणात सांगत. ते राजकारणी नव्हते, पण नॅशनल युनियन ऑफ सायंटिफिक वर्कर्स या संघटनेला त्यांचा पाठिंबा होता. एकदा ते त्याचे अध्यक्षही झाले होते. त्या युनियनला आता असोसिएशन म्हणतात.

हॉपकिन्सकरता आता आपण काही करू शकत नाही. पण बुद्धीच्या क्षेत्रात धाडसी आणि समाजात मात्र लाजाळू असणाऱ्या हॉपकिन्ससारख्या वैज्ञानिकांना आयुष्यात लवकर संधी मिळेल आणि ते प्रगतीकरता पूर्णतया योगदान करू शकतील याची काळजी घेईल अशी एखादी संस्था आपण सुरू करू शकतो.



## ली

एकोणीसशे सत्तेचाळीस सालच्या जूनमध्ये डॉ. डी. इ. ली एका खिडकीतून खाली पडले व त्यातच त्यांचा देहान्त झाला. केंब्रिज विद्यापीठाच्या रेडिओ जीवशास्त्र या विभागात प्रपाठक म्हणून नुकतीच त्यांची नियुक्ती झाली होती. त्यांच्या मृत्यूने केवळ विज्ञानावर (प्युअर सायन्स) आघात झाला. सजीवांवर प्रारणाचा काय परिणाम होतो ह्याचा शोध घेणाऱ्यांपैकी ते एक होते. अणुबॉम्बच्या भोवती जे गौण्याचे जाळे विणले गेले आहे त्यात ते अडकले नाहीत. असल्या गौण्याबद्दल त्यांचे मत पाहिले की, तसे गुप्त काम करायला ते कधी तयार झाले नसते हे स्पष्ट होते. त्यांनी तसे गुप्त काम केले असते तर त्यांनी कितीतरी शोध लावले असते आणि सर्वसामान्यांच्या सुरक्षिततेसाठी उपलब्ध झाले असते.

'प्रारण सजीव प्राण्यांवर काय परिणाम करते' ह्या नावाचे पुस्तक त्यांनी लिहिले. क्ष किरण, गॅमा किरण, वेगाने फिरणारे इलेक्ट्रॉन, अल्फा कण, न्यूट्रॉन हे पदार्थ जिवंत उतीमध्ये (टिशू) शिरले तर काय घडते त्याचे उत्कृष्ट स्पष्टीकरण त्या पुस्तकात सापडते. वर सांगितलेल्या कोणत्याही पदार्थाचा उतीवर सारखाच परिणाम होतो. कारण गॅमा किंवा क्ष किरणाला अणूने अडवले तर त्यातून अति वेगाने फिरणारा इलेक्ट्रॉन बाहेर फेकला जातो. तो इलेक्ट्रॉन शांत होईपर्यंत मोठा अपाय करत रहातो.

तो अपाय दोन प्रकारचा असतो. पहिले म्हणजे शरीरातल्या पेशींवर प्रारणाचा इतका परिणाम होतो की त्यांचे विभाजन होण्याचे काम थांबते, आणि त्या काळात विभाजन झाले तर त्या पेशी मरण्याचा संभव अधिक. या कारणाने क्ष किरणांनी माणसांना व इतर पृष्ठवंशीयांना जेवढी इजा होते तेवढी कीटकांना होत नाही. कीटक निदान एका

बाबतीत तरी माणसे किंवा उंदीर यांच्यापेक्षा अधिक यांत्रिक असतात. त्यांचे अवयव झिजले की ते मरतात. त्यांची कातडी कठीण असते, एकदा ते कोशातून कीटकरोपात बाहेर आले किंवा त्यांची कात टाकून झाली की पुन्हा कातडी बनत नाही. तेच माणसाची कातडी बघा, सतत नवीन तयार होत असते. म्हणून क्ष किरणांचा कीटकांच्या कातडीवर परिणाम होत नाही, पण माणसाची कातडी जळते कारण त्यातल्या पेशींचे विभाजन होत नाही व नवीन कातडी बनत नाही आणि जुनी निकामी झालेली असते. तसेच आपल्या हाडातल्या द्रवात असलेल्या पेशींचे विभाजन होऊन नव्या रक्त कणिका (ब्लड कॉर्प्युसल्स) बनत असतात. म्हणून अधिक प्रारणामुळे पेशींचे विभाजन थांबून माणसाला रक्तक्षय होतो. कर्करोगाच्या पेशींचे विभाजन अधिक वेगाने होत असते. क्ष किरणांच्या सहाय्याने त्या पेशी मारून टाकणे शक्य आहे तेच त्याच्या आजूबाजूच्या अवयवांतल्या पेशींचे विभाजन थांबल्याने त्या वाचू शकतात.

क्ष किरण आणि वेगाने फिरणारे कण यांचा आणखी एक परिणाम होतो त्यावर ली यांनी लक्ष केंद्रित केले. पेशींचे विभाजन झाले की नवीन जन्मलेल्या पेशींचे अवयव नव्याने बनलेले असतात, पण त्यातील बहुतेककरून जुन्या पेशींच्या अवयवांची नक्कल असते. नक्कल नसलेल्या अवयवांना इजा झाली तर तिच्यात कायमस्वरूपी बदल घडत नाही, म्हणजे तोवर ती पेशी जगली तर ! आणि तेच नक्कल असलेला एक अवयव काही कारणाने बदलला तर त्या बदलासह त्याची नक्कल पुढच्या पेशीत होईल. ती पेशी जर जंतुपेशीची पूर्वज असली तर तो बदल अनेक पिढ्यांत उतरेल. अशा बदलांना उत्परिवर्तन (म्युटेशन) म्हणतात, असे उत्परिवर्तन बहुधा अपायकारक असले तरी अगदी प्रत्येक वेळीच अपायकारक असत नाही. स्वीडन आणि सोव्हिएट युनियन या देशांत धान्याच्या रोपात फायदेशीर ठरेल असे उत्परिवर्तन घडवून आणले आहे त्याबद्दल मी अलीकडे लिहिलेही आहे.

वेगवेगळ्या प्रकारचे किरण आणि झरझर हालणारे कण यांचे शरीरावर जे परिणाम होतात त्यांची अतिशय काळजीपूर्वक तुलना ली यांनी केली आणि ते त्यांचे सर्वात महत्वाचे काम ठरले. एका पेशीत जर विशिष्ट ठिकाणी पूर्वनियोजित बदल घडवायचा असेल, म्हणजे समजा, माशीच्या डोळ्याचा किंवा बालीच्या कणसावरच्या तंतूचा रंग बनवणाऱ्या जनुकात बदल करायचा आहे, तर ते शक्य आहे. त्याकरता, एक प्रकारचा वेगाने फिरणारा कण जिथे आपटण्याची शक्यता आहे तेथून लक्ष्याचे (ज्या ठिकाणी बदल घडवायचा आहे त्या ठिकाणाचे) क्षेत्रफळ काढायचे आणि दुसऱ्या प्रकारचा वेगाने फिरणारा कण आपटण्याची शक्यता असलेल्या जागेपासूनही त्या लक्ष्याचे घनफळ काढायचे. अशा रीतीने त्यांनी जनुकाच्या आकारमानाची दोन स्वतंत्र मापने घेतली तेव्हा

ती मिळतीजुळती असल्याचे आढळून आले. हीच पद्धत वापरून त्यांनी ज्या विषाणूपासून देवीची लस बनवतात त्या विषाणूचे (काउपोक्स) आकारमान काढले. त्यानंतर गुणसूत्राची (क्रोमोसोम) पुनर्रचना कशी करता येईल, अशा प्रकारची अधिक अवघड कामे ते हाती घेऊ लागले. त्या प्रकल्पात मदत करण्याची मला संधी मिळाली. त्या प्रकल्पातील किचकट गणिते सोडविण्यास माझा हातभार लागला आणि त्यांची त्यातल्यात्यात अचूक उत्तरे मिळाली.

त्यानंतर त्यांनी आणखी काय काय केले असते ह्याची कल्पना मला करता येत नाही. कदाचित रासायनिक घटकांपासून होणाऱ्या दुष्परिणामांपासून सजीवांचे संरक्षण कसे करता येईल हे शोधण्याचा प्रकल्प त्यांनी घेतला असता. कृत्रिम किरणोत्सार किंवा अणूचे विखंडन (फिशन) यासंबंधी काम करत असताना ज्यांना इजा होते त्यांच्याकरता ते फार मोलाचे ठरले असते. एवढेच काय, पण अणुबॉम्बपासून प्राण्यांचा बचाव करण्यातही त्या कामाचा फायदा झाला असता. उदाहरणार्थ, क्ष किरणांचा मोठा डोस दिल्यानंतर बेडकांच्या पिलांना (टॅडपोल) अति थंड पाण्यात ठेवले तर त्यांच्या शरीरातील पेशींचे विभाजन होण्यापूर्वी त्या पेशींना सावरायला वेळ मिळतो आणि ते वाचतात. माणसाच्या शरीराला तेवढे कमी तापमान सोसत नाही, पण त्यांच्या पेशींच्या विभाजनाला विलंब करण्यासाठी त्यांना काही औषधे देऊन त्यांचा जीव वाचवता येतो.

अशा शक्यता तपासण्याकरता केलेले प्रयोग अत्यंत काटेकोरपणाने करावे लागतात. काटेकोरपणा, जागरूकता हे तर ली यांचे अविभाज्य गुण होते. इतरांच्या आणि स्वतःच्या कामाबाबत ते सदैव काटेकोर व जागरूक असत. एका सिद्धांतावर काम करीत असताना, केलेल्या प्रक्रियांचे परिणाम अपेक्षेच्या मानाने खूपच वेगळे आले. ली यांनी त्याचाच उपयोग करून दुसरे काही महत्त्वाचे शोध लावले. त्यातला परस्परविरोध दाखवून तो स्पष्ट करण्यासाठी त्यांनी अनेक प्रयोग केले. त्या प्रयोगांमधून एक प्रकारच्या प्रक्रियेने आपल्याला क्षेत्रफळ मोजता येते, तर दुसऱ्या प्रकारच्या प्रक्रियेने घनफळ काढता येते हे त्यांनी सिद्ध केले.

ह्या विषयावर काम करणारे बहुतेक ब्रिटिश वैज्ञानिक गौण्याच्या जाळ्यात अडकलेले असतात. किरणोत्सारी पदार्थांच्या संपर्कात येणाऱ्या कामगारांचे संरक्षण कसे करावे याचा सल्ला त्यांना विचारला जातो. पण तो सल्ला देत असताना त्यांना काही गोपनीय गोष्टी कळतात. या समस्या दिवसेंदिवस अधिक महत्त्वाच्या होत जाणार आहेत, त्याबरोबरच हारवेलसारख्या ठिकाणी असलेल्या कारखान्यांतून आणि प्रयोगशाळांतून निरुपयोगी म्हणून टाकून दिलेल्या पदार्थांपासून जनतेच्या संरक्षणाचा प्रश्नही अधिक उग्र होईल. आत्तापर्यंत जनतेला कोणताही धोका उत्पन्न झालेला नाही असे माझे वैयक्तिक मत आहे.

या सर्व कामाची वैज्ञानिक बाजू जशी ली यांना कळली होती तशी मला कळली नव्हती. आणि ज्यांना कोणाला ती कळली असेल (असे लोक फार नाहीत) त्यांची तोंडे गोपनीयतेने बांधली आहेत. पुढच्या काही वर्षांत हे प्रश्न जनतेसमोर येऊन ठाकतील, त्यावर डॉ. ली जसा सल्ला देऊ शकले असते तसा कुणी देऊ शकणार नाहीत. हे सर्व पाहिले की त्यांचा मृत्यू ही घटना तुमच्या-आमच्या दृष्टीने किती गंभीर आहे याची कल्पना येते.



## जीन्स

सर जेम्स जीन्स हे एक थोर गणिती होते. आपल्या गणितातल्या ज्ञानाच्या आधारे त्यांनी वायूंचा अभ्यास केला. सामान्य तापमान आणि सामान्य दाब असलेल्या वायूसंबंधी त्यांनी सिद्धांत मांडला. रेणूला गुळगुळीत लवचिक गोलक मानून त्यांनी सोप्या सिद्धांतांच्या अनेक सूक्ष्म पैलूंची ओळख करून दिली. त्या सिद्धांताने मिळालेली उत्तरे बहुतांशी निरीक्षणांशी मिळतीजुळती होती.

अति उच्च तापमान आणि दाब असलेल्या वायूंवरचा त्यांचा अभ्यास त्याहीपेक्षा महत्वाचा आहे. लाप्लास यांनी सूर्यमालेच्या उत्पत्तीविषयी एक सिद्धांत मांडला होता. तबकडीच्या आकारात वायू फिरत असताना त्यात संघनन झाले, प्रत्येक संघनन आपल्या आजूबाजूचा वायू खेचून घेता घेता त्याचा ग्रह बनत गेला आणि असा आपल्या सूर्यमालेचा जन्म झाला असा लाप्लासचा विश्वास होता. पण सूर्यमाला ही संघननातून तयार होणे असंभव आहे असे जीन्स यांनी दाखवून दिले. वायूंचा वायू तेजोमेघाचे गृहित पुन्हा तपासले आणि त्या संबंधात काही तत्त्वे मांडली त्यातून जीन्सच्या टीकेला अंशतः तरी उत्तर मिळाले. जीन्सनी लिहिलेले 'प्रॉब्लेम्स ऑफ कॉस्मॉलॉजी अँड स्टेलर डायनॅमिक्स' हे पुस्तक खगोलशास्त्राच्या इतिहासातील एक महत्वाचे पुस्तक आहे. ते पुस्तक पदार्थविज्ञानातल्या ज्या प्रमेयांवर आधारित आहे ती तितकीशी अचूक मानली जात नाहीत. असे असूनही भावी वैज्ञानिक त्यांचे काम डावलून पुढे जाऊ शकणार नाहीत.

पंचावनाच्या वर्षी आपण केवळ विज्ञानाचा (प्युअर सायन्स) अभ्यास सोडून विज्ञान प्रसाराला वाहून घेणार आहोत असे त्यांनी आपल्या मित्रांना आधीच सांगून ठेवले होते.

आणि त्यांनी ते यशस्वीपणे करूनही दाखवले. त्यांचे काम पुढील शास्त्रज्ञ नेहमीच स्मरणात ठेवतील.

त्यांचे 'भौतिकशास्त्राचा विकास' हे पुस्तक प्रकाशित झाले आणि लगेचच म्हणजे एकोणीसशे सेहचाळीस साली त्यांचा मृत्यू झाला. पदार्थ विज्ञान आणि गणिताच्या काही शाखांचा सुरुवातीपासूनचा इतिहास त्या पुस्तकात आहे. वाचायला ते पुस्तक छान आहे. त्यात काही त्रुटी राहून गेल्या आहेत, विशेषतः सूचीमध्ये. डॉ. जीन्स ह्यात असते तर कदाचित त्यांनी त्या दुरुस्त केल्या असत्या, पण त्या चुकांमुळे मुख्य विषयाला बाधा येत नाही. पुस्तकात त्यांनी कोपर्निकस, न्यूटन अशांची वचने उद्धृत केली आहेत तो भाग मला सर्वात महत्त्वाचा वाटतो. त्या शास्त्रज्ञांची वचने आणि त्यांच्या दृष्टिकोनाविषयी आपल्याला वाचायला मिळणारे साहित्य यात बराच फरक आढळून येतो. उदाहरणार्थ, प्रकाशाच्या कणिकामय प्रमेयाला न्यूटनचा पाठिंबा होता असे आपल्या वाचनात येते, पण ते तसे नव्हते.

डॉ. जीन्सच्या या पुस्तकाच्या शेवटच्या प्रकरणात आधुनिक काळातल्या विकासाबद्दल लिहिले आहे. पण आधीच्या प्रकरणांच्या पंगतीत ते शोभण्यासारखे नाही. ह्याचे एक कारण म्हणजे जीन्स त्यात आपल्याला संभवनीयतेच्या (प्रॉबेबिलिटी) प्रमेयाचा इतिहास सांगत नाहीत आणि एकदमच क्वांटम मेकॅनिक्सच्या संबंधात त्या प्रमेयाची ओळख करून देतात. संभवनीयतेचे प्रमेय हे व्यवहाराशी संलग्न आहे, जुगार आणि विमा यांचा विचार करतानाच या प्रमेयाचा शोध लागला होता. त्याचे उपयोजन मात्र विज्ञानाच्या सर्व शाखांत केले गेले आहे. पुस्तकाच्या ३३५ व्या पानावर जीन्स संभवनीयता म्हणजे ज्ञान असे सांगतात. हे विधान फक्त काही प्रसंगातच सत्य ठरते. पत्त्यांच्या जोडातला वरचा पत्ता इस्पिकचा एवका असण्याची संभवता किती आहे ? तर ५२ मध्ये एक. पण असे म्हणणे म्हणजे वरचा पत्ता कोणता आहे याविषयी मला काहीच माहिती नाही असे म्हणण्यासारखे आहे. तेच मी जर भविष्यातल्या घटनांच्या संभवनीयतेविषयी बोलू लागलो आणि भविष्यातल्या सर्व घटना पूर्वनियोजित असतात असे मानले, तर संभवनीयता ही अंशतः ज्ञानाच्या बरोबरीला येऊ शकेल. पण माणसे योग्य निवड करू शकतात ह्यावर विश्वास ठेवून विचार करू लागलो तर मी उद्या दारू पिऊन तर्र होईन ही संभवनीयता आणि पत्त्यांच्या जोडाच्या वरचा पत्ता इस्पिक एवका आहे ही संभवनीयता ह्या एकमेकीपेक्षा अगदी वेगळ्या असतील.

जीन्स यांचे संभवनीयतेचे आदर्शवादी प्रतिपादन म्हणजे मेकॅनिस्टिक विचारांचाच आविष्कार आहे असे बहुतेकवेळा आढळून येते. एखादे यंत्र आहे असे मानून विश्वाचा विचार केला तर साध्या घटना किंवा प्रगत पदार्थविज्ञानातील घटना या दोन्हीचे स्पष्टीकरण देण्याकरता दैवी घटकांचा आधार घ्यावा लागतो. जीन्स यांनी विश्वाबद्दलचा

आधुनिक सिद्धांताचा दिलेला वृत्तांत समाधानकारक वाटत नाही. विश्वाचे तथाकथित प्रसरण किंवा तसले इतर बरेच प्रश्न उघड आहेत, पण जीन्सचे पुस्तक वाचून त्याची कल्पना येत नाही.

या प्रश्नाची चर्चा किंवा विश्वाच्या सिद्धांताबद्दल अद्ययावत माहिती करून घ्यायची झाल्यास पॉल लाबेरेन यांचे 'द ओरिजिन ऑफ वर्ल्ड्स' हे पुस्तक वाचावे असे मी नम्रपणे सुचवेन. त्या पुस्तकात जीन्सच्या कामाची माहिती देणारे एक संबंध प्रकरण आहे. जीन्सनी मात्र त्याचा समाचार एका परिच्छेदात उरकला आहे. अमेरिकेचे टॉलमन, सोव्हिएट युनियनचे फसेनकॉफ, भारताचे बॅनर्जी व सेन आणि इंग्लंडचे मिल्ल वगैरेंच्या कामाची माहितीही लाबेरेन देतात. जीन्सचे पुस्तक वाचून वाचकांच्या मनाची जी धारणा होते त्याहून ह्या पुस्तकाच्या वाचनाने मिळणारा दृष्टिकोन निश्चितच वेगळा आहे.

जीन्सनी आपले पुस्तक मार्क्सिस्ट दृष्टिकोनातून लिहिले आहे. फ्रान्समधल्या मार्क्सिस्टांनी लिहिलेल्या विज्ञानावरच्या उत्कृष्ट पुस्तकांपैकी ते एक आहे. त्या पुस्तकाविषयी माझे एकच म्हणणे आहे ते म्हणजे त्या पुस्तकात वाचकांना समजणार नाहीत अशी गणितातील विधाने टाळण्याचा जीन्सनी आटापिटा केला आहे. दुसऱ्यांनी मांडलेले खगोलशास्त्रातील सिद्धांत समजण्यासाठी (आणि त्यावर टीका करण्यासाठी) किंवा नवा सिद्धांत मांडण्यासाठी गणिताचे सखोल ज्ञान असणे आवश्यक आहे याची कल्पना वाचकांना हे पुस्तक वाचून येत नाही. खगोलशास्त्रातील सिद्धांतांनी भरलेली अनेक पत्रे माझ्याकडे येत असतात. ते सिद्धांत एकतर अतिशय संदिग्ध असतात की ते तपासून पहाणे अशक्य होते. तर दुसरे काही असे असतात की ते आजपर्यंतच्या ज्ञात घटनांशी जुळतात की नाही हे तपासायला अनेक वर्षे लागतील, आणि ते जुळले की त्यानंतर पुढचा अभ्यास करायचा की नाही ते ठरवायचे.

पण जीन्स आणि एडिंग्टनसारख्या माणसांवर आपण कितीही टीका केली तरी ते पहिल्या प्रतीचे गणिती होते आणि बारीक-सारीक तपशिलात जाऊन त्यांनी आपले सिद्धान्त मांडले होते, यात शंका नाही. लाबेरेन हे व्यावसायिक गणिती होते आणि आपल्या टीकेकरता त्यांनी गणिताच्या ज्ञानाचा आधार घेतला होता. पहिल्या वाचनाच्या वेळी लक्षात येत नाही पण त्यांची टीका बरीच सखोल असते. खगोलशास्त्रज्ञांचा एक विशिष्ट दृष्टिकोन असण्यामागे त्यांची सामाजिक पार्श्वभूमी त्यांना स्पष्ट दिसे. जीन्सच्या पुस्तकाच्या दुसऱ्या प्रकरणात, ग्रीक विज्ञान विशुद्ध ठेवण्याच्या प्रथेचा राग गुलामगिरीतूनच कसा जन्मला हे स्पष्ट मांडले आहे. तर सहाव्या प्रकरणात रॉयल सोसायटीची सुरुवात कशी झाली हे सांगताना ते बॉइलचे, 'आपले हे तत्त्वज्ञानाचे अभिनव महाविद्यालय केवळ ज्ञानावर भर न देता उपयोगावर लक्ष देते.' हे विधान उद्धृत करतात, पण आपल्या काळातल्या समाजाचे विज्ञानाशी काय नाते होते याबद्दल जीन्स



काहीच सांगत नाहीत.

ते काम लाबरेन करतात. ते वाचून आपल्याला बऱ्याच गोष्टींची कल्पना येते. फ्रेंच लेखक द लॉने हे कॅथलिक होते. त्यांनी विज्ञान आणि चर्च (लेग्लिस ए ला सिऑन्स) हे पुस्तक लिहिले. त्यात (नाझीप्रमाणे) आइनस्टाइन ज्यू होते एवढ्या कारणाने त्यांच्या सापेक्षवादावर हल्ला चढवला. त्या सापेक्षवादाच्या सिद्धांतात ज्यांचे महत्त्वाचे योगदान होते ते लमास्त्र जेझुइट होते ही गोष्ट त्यांनी डोळ्याआड केली होती, पण तेच लमास्त्र हे सोव्हिएट युनियनच्या फ्राइडमन यांच्या गणितातल्या प्रतिपादनाशी सहमत झाले त्याबद्दल त्यांचा धिक्कार केला गेला. ग्रह अतिशय दुर्मिळ आहेत त्या कारणाने ताऱ्यांवर बुद्धिमान प्राणी असणे असंभवनीय आहे हा विचार कितीतरी खगोलशास्त्रज्ञ प्रश्न न करता मानतात याची कारणे काय याची लाबरेन यांनी चर्चा केली आहे. गेल्या काही वर्षांत ग्रह हे दुर्मिळ नसून बरेच आहेत याचा पुरावा मिळाला आहे.

खगोलशास्त्रज्ञ ही माणसेच असतात, ती एका समाजाचा भाग असतात ह्याचे भान विसरून खगोलशास्त्राचा अभ्यास करता येत नाही. लाबरेन ती गोष्ट कधी डोळ्याआड करीत नाहीत आणि म्हणून त्यांच्या पुस्तकाचे इंग्रजीत भाषांतर होईल अशी मी आशा करतो.



## जी. एच. हार्डी

प्रा. जी. एच. हार्डी हे ब्रिटनमधल्या त्यांच्या पिढीतले सर्वात थोर गणिती होते, त्यांची गणना जगातल्या पहिल्या पट्टीच्या गणितज्ञांत होई. १९४७ सालच्या नोव्हेंबर महिन्यात त्यांचा देहांत झाला. विलक्षण माणसांचे आचार आणि विचार हे सामान्य मंडळींच्या आचार-विचारांशी सहजी जुळणारे नसतात, हे हार्डींच्या बाबतीतही खरे होते.

ते एक विशुद्ध गणिती होते. संख्यांच्या सिद्धांतावर त्यांनी बरेच काम केले होते. दिलेल्या संख्येचे विभाजन किती प्रकारे करता येते यावर त्यांनी व त्यांच्या सहकाऱ्यांनी मिळून पुष्कळ काम केले. म्हणजे तीन ही संख्या ३, २+१, किंवा १+१+१ अशी तीन प्रकारे लिहिता येईल, तसेच चार ही संख्या ४, २+२, २+१+१, ३+१ आणि १+१+१+१ अशी पाच प्रकारे लिहिता येते. कोणत्याही संख्येचे किती प्रकारे विभाजन करता येते हे कसे ठरवता येईल ? या समस्येचा अभ्यास करून त्यांनी एक सूत्र तयार केले, ते बरेच क्लिष्ट आहे. ते झाल्यावर त्यांनी अशा प्रकारच्या आणखीही समस्या सोडवायला घेतल्या. दिलेली संख्या आणखी किती प्रकाराने विभाजता येईल, म्हणजे ती संख्या किती वर्गांची किंवा घनांची बेरीज असेल वगैरे.

त्यांचे काम अगदी निरुपयोगी आहे असे त्यांना कुणी सांगितले असते तर ते त्याच्याशी सहज सहमत झाले असते. आपले गणितावरचे काम हे मनुष्यसंहाराच्या कधी कामी आलेले नाही असे ते अभिमानाने सांगत. क्रिकेट हा खेळ जसा केवळ खेळाकरता आहे तसेच गणित हे त्यातल्या आनंदाकरता आहे असे ते म्हणत. क्रिकेट आणि क्रिकेटियर यांचे त्यांना फार कौतुक होते. कितीतरी पहिल्या श्रेणीतल्या गणितज्ञांची ते 'हॉब्ज श्रेणी' त गणना करत. हॉब्ज हे सरे प्रांतातले उत्कृष्ट क्रिकेट खेळणारे खेळाडू

होते. संहाराकरता आपल्या गणिताचा उपयोग होत नाही हा त्यांचा अभिमान मात्र वृथा म्हणायला पाहिजे. ह्याचे एक उदाहरण देतो. राइनमन्स झीटा ही गणितातली एक क्रिया आहे. त्या क्रियेचा उपयोग करून दिलेल्या संख्येहून लहान अविभाज्य अशा किती संख्या आहेत हे शोधता येते. हार्डीना ती क्रिया फार आवडे. पण त्या क्रियेचा उपयोग करून भट्टीच्या तापमानाची माहिती (पायरोमेट्रीचा सिद्धांत) मिळवता येते. आधुनिक युद्धामध्ये झोत भट्टीचे (ब्लास्ट फरनेस) किती महत्त्व आहे हे सर्वांना माहित आहे.

क्रिकेट ह्या खेळाला एक वेगळे सामाजिक महत्त्व आहे. लारवुडच्या गोलंदाजीने जनमानसात अतिशय चीड निर्माण झाली होती. जे इंग्रज एरवी काळ्या लोकांना मान देणार नाहीत तेच इंग्रज भारतीय आणि वेस्ट इंडीजच्या क्रिकेटियरांच्या अप्रतिम खेळामुळे त्यांना आदराने वागवू लागले. हार्डीच्या गणितालाही असेच एक सामाजिक स्थान होते. एकोणीसशे तेरा साली रामानुजन नावाच्या एका सामान्य कारकुनाने त्यांना एक पत्र लिहिले, त्यात त्यांनी सुमारे गणिताची शंभर प्रमेये लिहिली होती. त्याने प्रभावित होऊन हार्डींनी रामानुजनना इंग्लंडला नेण्याची व्यवस्था केली. ट्रिनिटी कॉलेज, केंब्रिज विद्यापीठ आणि कालांतराने ते रॉयल सोसायटीचे फेलो झाले. इतके सगळे मान मिळवणारे ते पहिलेच भारतीय होते.

दुर्दैवाने रामानुजनना क्षयरोग झाला. ते हॉस्पिटलमध्ये असताना हार्डी त्यांना भेटायला गेले. रामानुजननी त्यांना त्यांच्या टॅक्सीचा नंबर विचारला. हार्डींनी उत्तर दिले, “मी आलो त्या टॅक्सीचा नंबर होता १७२९, फारशी काही मुरस संख्या नाही.” त्यावर रामानुजन म्हणाले, “काय म्हणता ?, ही तर फारच विशेष संख्या आहे. दोन घनांची बेरीज या स्वरूपात दोन प्रकारने सांगता येईल अशी लघुतम संख्या आहे ती. एक म्हणजे,  $10^3 + 9^3$  आणि दुसरा आहे,  $12^3 + 1^3$ .” १०००० पेक्षा लहान असलेल्या प्रत्येक संख्येशी रामानुजनची मैत्री होती असे हार्डी म्हणत.

हार्डीचा त्यांच्या व्यवसायाकडे पहाण्याचा दृष्टिकोन अनेकांना निष्फळ आणि प्रतिगामी वाटेल. हार्डींना जिथे अन्याय आणि अंधश्रद्धा आहे असे वाटे तिथे ते त्याला विरोध करत. विज्ञान कामगारांच्या राष्ट्रीय संघटनेत तरुणांनी भरती व्हावे म्हणून त्यांनी केलेले भाषण मला आठवते. विज्ञान आणि गणित हे विषय शिकल्याचे समाधान मिळवण्याकरता त्यावर काम करावे असे सांगून ते म्हणाले की, आपली कामे आणि खाणकामगारांची कामे यांत पुष्कळ फरक असला तरी आपण भांडवलशाहापेक्षा त्या कामगारांच्या अधिक जवळ आहोत. आपण आणि खाणकामगार कसबी कामे करणारे आहोत, दुसऱ्यांना राबवून घेणारे नाहीत त्यामुळे आपला पाठिंबा खाणकामगारांना असेल.

कलेकरता कला किंवा गणिताकरता गणित ही कल्पना मुळातच अपूर्ण आहे. पण पैशाकरता कला किंवा अभियांत्रिकीकरता गणित (त्या अभियांत्रिकीचा उपयोग कसा होतो ह्याचा विधीनिषेध न ठेवता) शिकण्यापेक्षा वरील कल्पना पुष्कळच बरी आहे. कलेकरता कला या कल्पनेवर तुमचा खरोखरच विश्वास असेल तर तुम्ही अशी परिस्थिती निर्माण करायचा प्रयत्न करू लागाल जेथे इच्छा असलेल्या प्रत्येकाला कला शिकता येईल. याचा अर्थ असा की, प्रत्येकाला फुरसद आणि साधन उपलब्ध असेल असा समाज निर्माण करणे म्हणजेच सोशालिझम. जी. एच. हार्डी इथवरच पोहोचले.

ह्यापुढचा टप्पा गाठण्याकरता कलाकाराला आपली कला ही सोशालिझमकरता वापरता येईल असे शस्त्र आहे, याची जाणीव व्हावी लागते. विल्यम मॉरिस, अ‍ॅलन बुश आणि सुरुवातीच्या काही नाटकांत बर्नार्ड शॉ ह्यांनी तो टप्पा गाठला होता. पण गणितज्ञांना हे काम करणे अवघड आहे कारण गणित हे फार थोड्या लोकांना आवडते. तेव्हा सोशालिझम प्रस्थापित झाल्यावरच गणिताचा उपयोग होऊ शकतो.

हार्डींच्या मताशी मी सहमत नाही. पण ते मत चुकीचे आहे असे न म्हणता एकतर्फी आहे असे मी म्हणेन. प्रत्येक कसबी कारागिराने आपल्या कामाचा अभिमान बाळगला पाहिजे, विशेषतः जेव्हा त्या कामाचा उपयोग दुसऱ्याचा फायदा वाढवण्याकरता केला जात नाही तेव्हा. आपले आयुष्य खर्चून त्यांनी बुद्धीची साधने बनवली आणि त्यांचा आपल्या हाताशी असलेल्या साध्या गोष्टींवर म्हणजेच, शुद्ध संख्यांवर उपयोग केला. पण त्या साधनांचा उपयोग करून काहीजणांनी टेलिफोनसारख्या यांत्रिक प्रणालींचा आणि मेंदूसारख्या जिवंत यंत्रणांचा अभ्यास केला. माझ्याच कामाचे उदाहरण सांगायचे तर संख्यांच्या विभाजनाची पद्धत मी कुटुंबांचे विश्लेषण करण्याकरता वापरली, आणि कुटुंबातल्या पूर्वीच्या सभासदांपेक्षा नंतरच्या सभासदांना एखाद्या विशिष्ट रोगाची लागण अधिक का होते याचा अभ्यास केला.

गणिताच्या व्यावहारिक उपयोगाशिवाय त्याच्यात सौंदर्याचा अनुभव घेणाऱ्यांपैकी मी एक आहे. तेवढे पुरेसे नाही हे मला समजते. तसेच रस घेऊन जे गणितावर काम करतात त्यांच्या हातून उत्कृष्ट काम होण्याचा संभव अधिक असतो हेही मला कळते. त्या कारणाने हार्डींचा दृष्टिकोन मला चुकीचा वाटत नाही. ते मला आवडत असत. शास्त्रीय संगीताने जसा एखाद्याला आनंद मिळेल तसा आनंद मला त्यांच्या लिखाणाने दिला आहे. अशा माणसाला मी श्रद्धांजली वाहतो.



## आइनस्टाइन

१४ मार्च १९४९ या दिवशी आइनस्टाइनचा सत्तरावा वाढदिवस होता. जगातल्या गणितीय पदार्थवैज्ञानिकांमध्ये ते सर्वश्रेष्ठ मानले जातात. त्यांनी दहा वर्षांपूर्वी केलेल्या कामात आजचे तरुण बरीच भर घालत असले तरी त्यांच्या कामाची बरोबरी अजून कुणीच करू शकलेला नाही. सापेक्षतावादाकरता त्यांचा सर्वांना परिचय आहे, पण त्यांनी सापेक्षतावादावर एकही ओळ लिहिली नसती तरीही ते उच्च श्रेणीचे वैज्ञानिक म्हणूनच ओळखले गेले असते.

क्वांटम सिद्धांत प्लँकनी प्रस्थापित केला. पण त्याविषयी अतिशय साध्या शब्दात, सार्वत्रिक सत्य विधान आइनस्टाइननी केले. जेव्हा पदार्थ प्रकाश शोषून घेतो किंवा बाहेर टाकतो तेव्हा ऊर्जेचे रूपांतर एकेरी एककांच्यात (सिंगल युनिट) होते. या एककांचा आकार हा प्रकाशाच्या वारंवारतेच्या (फ्रीक्वेन्सी) प्रमाणात असतो. लाल प्रकाशापेक्षा नील प्रकाशातून ऊर्जा अधिक मोठ्या एककांतून बाहेर पडते, तर लाल प्रकाशातून बाहेर पडणारी ऊर्जा इन्फ्रारेड प्रारणाहून मोठ्या एककात असते. ही ऊर्जा आपण पाहू शकत नाही, पण उष्णतेच्या रूपात ती आपल्याला जाणवते. म्हणूनच एखादा धातू आपण तापवला की आधी तो लाल प्रकाश आणि नंतर पांढरा प्रकाश बाहेर टाकतो. तापून जेव्हा धातू लाल होतो तेव्हा त्यातले काही अणू लाल प्रकाश देण्यास समर्थ असतात, पण त्या अणूंपैकी फारच थोड्यांना हिरवा किंवा निळा प्रकाश बनवण्याची शक्ती असते, आणि प्रकाश पांढरा होण्याकरता लाल प्रकाशात हिरवा, निळा प्रकाश मिसळणे आवश्यक असते.

त्यांच्या सर्व कामात सापेक्षतावादावरचे काम अधिक महत्वाचे होते ह्यात शंका

नाही. ते काय आहे ते बघू. आपले तारतम्य आपल्याला काय सांगते ? प्रत्येक वस्तूला ठराविक आकार व आकारमान असते, आणि एखादी घटना इतर प्रकारच्या घटना घडतात त्याच वेळी घडते. ह्या सिद्धांताला नाकारणे म्हणजे आदर्शवाद, असे काहीजणांना वाटते.

आपल्या तारतम्याने ठरवलेला अंदाज कसा लागू होत नाही हे मी एका साध्या सोप्या उदाहरणाने सांगतो. सावकाश चालणाऱ्या आगगाडीतून मी समजा एक गाठोडे टाकले. ते सरळ मार्गाने पडले असे मला वाटते, पण प्लॅटफॉर्मवर उभे असलेले तुम्ही आगगाडी पुढे सरकताना पहात असता तेव्हा तुम्हाला ते गाठोडे अन्वस्ताच्या (पॅराबोला) वक्र रेषेत पडताना दिसेल. जसा वेळ जाईल तसा गाठोड्याचा खाली पडण्याचा मार्ग अधिकाधिक उभा होत जाईल. आपली पृथ्वी जर एका ठिकाणी अडकवलेली असती ना तर कदाचित तुमचे निरीक्षण बरोबर ठरले असते. पण पृथ्वी फिरते आहे त्यामुळे त्या दोन निरीक्षणातून अचूक कोणते हे ठरवणे अवघड आहे.

म्हणजे गाठोडे पडताना त्याला ठराविक मार्गच नसतो का ? जे दिसते तो आपल्या मनाचा खेळ असतो का ? या प्रश्नांना आइनस्टाइनचे उत्तर 'नाही' असे आहे. ते म्हणतात, सगळ्या प्रेक्षकांना दिसेल असा गाठोड्याच्या हालचालीचे वृत्तांत आपण देऊ शकतो. आणि तो आपल्या निरीक्षणाहून सत्यपरिस्थितीच्या अधिक जवळ असण्याचा संभव आहे. पण असा वृत्तांत देण्यासाठी आपल्याला जागा आणि वेळ यांच्याविषयीच्या कल्पना पुन्हा तपासून पहाव्या लागतील. कोणत्याही दोन घटनांमध्ये थोडे अंतराल (इंटरव्हल) असते, हे अंतराल तीन प्रकारचे असतात.

अंतरालाचा पहिला प्रकार पूर्णतया वेळाशी जुडलेला आहे, म्हणजे दोन घटना एकाच जागेवर दोन वेगळ्या वेळी घडल्या असे मी मानू शकतो. पण तुम्ही सापेक्षतेने हालचाल करत असाल तर तुम्हाला त्या घटना वेगवेगळ्या ठिकाणी आणि वेगवेगळ्या वेळेला घडल्या असे वाटेल. दुसऱ्या प्रकारचे अंतराल हे पूर्णतया जागेसंबंधीचे आहे. म्हणजे दोन घटना एकाच वेळी वेगवेगळ्या जागांवर घडल्या असे मला वाटेल, पण त्याच घटना तुमच्या दृष्टीतून वेगवेगळ्या वेळी आणि वेगवेगळ्या जागांवर घडलेल्या असू शकतील. तारतम्यबुद्धी घटनांमधला पहिल्या प्रकारचा संबंध कसाबसा मान्य करते. लंडन हे शहर पृथ्वीच्या आसाभोवती फिरते आहे हे आपल्या सगळ्यांना मान्य आहे. एकाच खोलीत घडलेल्या दोन घटना तासाच्या अंतराने घडल्या तर त्यांच्यात शेकडो कि.मी.चे अंतर होते असे म्हणता येईल. 'एकाच ठिकाणी' आणि 'एकाच वेळी' ह्या दोन्ही गोष्टी बघणाऱ्याला तितक्याच सापेक्ष आहेत हे जाणायला आइनस्टाइन जन्मावा लागला. तिसरे अंतराल हे सर्वांना मान्य होण्यासारखे आहे ते म्हणजे जागा आणि वेळ या दोन्ही बाबतीत त्या घटना दूर आहेत.

पण तेवढेच सांगून आइनस्टाइन थांबले असते, तर त्यांचे काम केवळ नकारार्थी झाले असते. सर्व निरीक्षकांना सारखीच दिसेल अशी काल आणि अवकाश (जागा) यांची चौकट बांधण्यात ते यशस्वी झाले. त्या बांधणीमुळे पदार्थ विज्ञानातले अनेक विरोधाभास साफ झाले. अंतराळात फिरण्याचा पृथ्वीचा वेग काढण्याकरता वर्षातल्या वेगवेगळ्या वेळी प्रकाशाचा वेग मोजून बघण्याचा काहीनी प्रयत्न केला, पण प्रकाशाच्या वेगात काही फरक आढळला नाही. आइनस्टाइनचे म्हणणे बरोबर असेल तर तसा फरक सापडण्याची काही आशाच नव्हती, कारण वस्तूहून वेगळे किंवा स्वतंत्र असे अवकाश असतच नाही.

प्लॅटफॉर्मवरचा माणूस आणि स्थिर गतीने चालणाऱ्या आगगाडीतला माणूस ह्यांच्याप्रमाणे एकमेकांना सापेक्ष आणि समान गतीत जाणारे निरीक्षक असतील तरच आइनस्टाइनचा सिद्धांत लागू शकतो, हे बहुतेक पदार्थ वैज्ञानिकांना मान्य आहे. पण त्यांपैकी एकाचा वेग बदलला तर मात्र परिस्थिती साधी रहात नाही. उदाहरणार्थ, आगगाडी वेग घेऊ लागली किंवा वेग कमी करू लागली. वाढता वेग काही शक्ती निर्माण करतो म्हणूनच रूळ सपाट असले तरी वेग घेणारी किंवा सावकाश होत जाणारी आगगाडी खाली सरकते आहे असे वाटते. आइनस्टाइन म्हणतात, आगगाडीत बसणाऱ्या माणसांला जमीन तिरकी दिसते, तेव्हा ती तशीच आहे हे मानायचा त्याला हक्क आहे. आणि हेच सूत्र घेऊन गुरुत्वाकर्षण आणि त्वरण (अॅक्सलरेशन) यांचे असेच परिणाम होतील असे सांगितले.

विशेषतः गुरुत्वाकर्षणाच्या शक्तिमान क्षेत्रामुळे प्रकाशकिरण वाकतील. एकोणीसशे एकोणीस साली लागलेल्या सूर्यग्रहणाच्या वेळी एडिंग्टनने हे त्यांचे विधान पडताळून पाहिले. प्रकाश किरण वाकले तर होते, एवढेच नाही, तर त्यांच्या वाकण्याचे प्रमाण आइनस्टाइनने सांगितल्याइतके होते. त्यानंतर आणखी अंदाज केले गेले. आइनस्टाइनचे म्हणणे होते की, एकच वस्तू गतिमान असते तेव्हा तिचे वजन ती वस्तू स्थिर असताना असलेल्या वजनाहून अधिक असते. त्याचप्रमाणे स्थितिज ऊर्जा सामावलेली वस्तूही अधिक भारी असते. किल्ली न दिलेल्या घड्याळाचे वजन किल्ली दिल्यावर अधिक भरते. पण त्यातली ऊर्जा इतकी कमी असते की आत्ता उपलब्ध असलेल्या पद्धतीने ते मोजणे कठीण आहे. किरणोत्सारी पुष्कळ अणू एकत्रित आले की त्यांची ऊर्जा इतकी असते की त्या वस्तूचे वजन वाढते आणि तेच अणू विखुरले की त्यांचे वजन कमी भरते. ह्या ऊर्जेचे वजन मोजले गेले आहे.

तरी सापेक्षतावादाचा सिद्धांत अजून पूर्ण झालेला नाही. म्हणजे ज्या प्रणालीचे सर्व भाग एकमेकांच्या सापेक्षतेने एक समान गतीत नाहीत अशा प्रणालीला सापेक्षतावादाचा सिद्धांत लावून बघितला तेव्हा तो पूर्ण झालेला नाही असे लक्षात येते. तोच सिद्धांत

वेळ आणि जागा या बाबतीत फार दूर असलेल्या घटनांना लावला तर जी उत्तरे मिळतील ती बहुदा चुकीची असतील. त्यात आश्चर्य वाटण्यासारखे काही नाही. सत्याकडे पायरीपायरीनेच जावे लागते. त्यातली फार मोठी पायरी आइनस्टाइनने गाठली होती. सच्चे वैज्ञानिक असल्यामुळे आपण सत्याची शेवटची पायरी गाठली असे त्यांना कधीच वाटले नाही.

आइनस्टाइनच्या सिद्धांतांचे आदर्शवादी अर्थ लावता येतात, त्यांनी स्वतः तसे अर्थ लावले होते, पण ते पूर्णत्वाने कधीच झाले नाही. आदर्शवादींच्या मते तुम्ही ज्याला भौतिक जग म्हणता ते केवळ तुमच्या मनात आहे. आइनस्टाइनचा अनुयायी अशा प्रकारचे विधान करू शकला असता. मानवी जन्म व मृत्यू, रासायनिक बदल, सूर्यग्रहणे ह्या घटना सत्य आहेत, पण त्या घटनांचे अर्थ लावताना आपण त्यांना वेळ आणि जागा अशा चौकटीत बसवतो, ही चौकट म्हणजे आपलीच कलाकृती असते. घटना घटनांमधे खऱ्या संबंधांचा एक संच असतो. पण त्याचा अर्थ वेगवेगळे लोक वेगळ्या वेगळ्या पद्धतीने लावतात. मी म्हणतो गाठोडे सरळ रेषेत पडले, तर तुम्ही म्हणता ते वक्र रेषेत पडले. आपल्यापैकी प्रत्येकजण जागा - वेळ यांचा एकतर्फी वृत्तांत देतो.

आपल्याला वाटतं त्याच्या मानाने वास्तविक परिस्थिती ही अधिक गुंतागुंतीची असते. पण म्हणून वस्तू खऱ्या नाहीत असा त्याचा अर्थ होत नाही. याउलट एकांडा प्रेक्षक कल्पना करू शकणार नाही इतक्या त्या खऱ्या असतात. निरनिराळ्या निरीक्षकांच्या अनुभवांची तुलना केली तरच आपण सत्याच्या जवळ जाऊ शकू. आणि हे प्रथम आइनस्टाइन यांनी केले.

